

*Untersuchungen über die körperliche Leistungsfähigkeit
von herzkranken und adipösen Kindern*

Rolf Mocellin

1965

Aus der Pädiatrischen Poliklinik der Universität München

Direktor: Professor Dr. med. G. Weber

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE KÖRPERLICHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT
VON HERZKRANKEN UND ADIPÖSEN KINDERN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der

Ludwig - Maximilians - Universität

zu München

vorgelegt von

Rolf Mocellin

aus Wuppertal-Elberfeld

München 1965

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent:	Prof. Dr. Th. HELLBRÜGGE
Correferent:	Prof. Dr. G. WEBER
Dekan:	Prof. Dr. R. ZENKER

Tag der mündlichen Prüfung: 9. 11. 1965

Inhalt

	Seite
Einleitung	7
I. Methoden zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen ...	9
II. Die körperliche Leistungsfähigkeit von Kindern mit angeborenen oder erworbenen Herz- und Gefäßkrankheiten nach Angaben in der Literatur	12
III. Die körperliche Leistungsfähigkeit von adipösen Kindern und Jugendlichen nach Angaben in der Literatur	16
IV. Eigene Untersuchungen	18
1. Untersuchungsgut	18
2. Meßanordnungen	20
3. Versuchsanordnung	20
4. Angeandte statistische Methoden	23
5. Ergebnisse	24
a) Die körperliche Leistungsfähigkeit von Kindern mit angeborenen und erworbenen Herzfehlern	24
aa) Leistungsfähigkeit und Lebensalter	34
bb) Leistungsfähigkeit und körperliche Entwicklung	41
b) Die körperliche Leistungsfähigkeit von adipösen Kindern	59
aa) Leistungsfähigkeit und Lebensalter	59
bb) Leistungsfähigkeit und körperliche Entwicklung	63
V. Diskussion der Ergebnisse	81
1. Körperliche Leistungsfähigkeit herzkranker Kinder	81
2. Körperliche Leistungsfähigkeit adipöser Kinder	85
Zusammenfassung	89
Literatur	91



Übersicht über die Abbildungen und Tabellen

Abbildungen:	Seite
Abb. 1: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC_{170}), bezogen auf die Altersnorm, in Abhängigkeit vom Alter bei 37 Jungen und Mädchen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern	35
Abb. 2: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI), bezogen auf die Altersnorm, in Abhängigkeit vom Alter bei 37 Jungen und Mädchen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern	36
Abb. 3: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC_{170}), bezogen auf die Körperoberfläche bei 26 Jungen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern	44
Abb. 4: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI), bezogen auf die Körperoberfläche bei 26 Jungen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern	45
Abb. 5: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC_{170}), bezogen auf die Körperoberfläche bei 11 Mädchen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern	46
Abb. 6: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI), bezogen auf die Körperoberfläche bei 11 Mädchen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern	47
Abb. 7: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC_{170}), bezogen auf den systolischen Druck in der A.pulmonalis bei 14 Jungen und Mädchen mit angeborenen Shuntvitien (Links-Rechts-Shunt $> 33\%$ bzw. $\frac{Q_p}{Q_s} > 1,5$)	53
Abb. 8: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI) und systolischer Druck in der A.pulmonalis bei 14 Jungen und Mädchen mit angeborenen Shuntvitien (Links-Rechts-Shunt $> 33\%$ bzw. $\frac{Q_p}{Q_s} > 1,5$)	54
Abb. 9: (Nach DUFFIE und ADAMS) Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC_{170}) und systolischer Druck in der A.pulmonalis bei 41 Jungen und Mädchen mit angeborenen Shuntvitien (Links-Rechts-Shunt $> 33\%$ bzw. $\frac{Q_p}{Q_s} > 1,5$)	56

Abb. 10: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC ₁₇₀) und Druckgradient an der Pulmonalklappe bei 31 Jungen und Mädchen mit stenotischen Herzvitien (nach DUFFIE und ADAMS bzw. eigenen Untersuchungen)	57
Abb. 11: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI) und Druckgradient an der Pulmonalklappe bei 4 Jungen und Mädchen mit stenotischen Herzvitien	58
Abb. 12: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC ₁₇₀), bezogen auf die Gewichtsnorm, in Abhängigkeit vom Übergewicht bei 101 übergewichtigen Kindern und Jugendlichen	73
Abb. 13: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI), bezogen auf die Gewichtsnorm, in Abhängigkeit vom Übergewicht bei 101 übergewichtigen Kindern und Jugendlichen	74
Abb. 14: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI), bezogen auf die Körperoberfläche bei 65 adipösen Jungen	76
Abb. 15: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC ₁₇₀), bezogen auf die Körperoberfläche bei 65 adipösen Jungen	77
Abb. 16: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI), bezogen auf die Körperoberfläche bei 36 adipösen Mädchen	78
Abb. 17: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC ₁₇₀), bezogen auf die Körperoberfläche bei 36 adipösen Mädchen	79

Tabellen:

	Seite
Tab. 1: Häufigkeit verschiedener Herzfehler in unserem Untersuchungsgut	19
Tab. 2: Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung des Regressionskoeffizienten zwischen Arbeitspulsfrequenz und Leistung (LPI)	22
Tab. 3: Wichtigste Meßdaten der Kinder mit Herzvitien zur Orientierung in den Zeichnungen	25
Tab. 4: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Alterssoll bei 37 Kindern mit 12 zyanotischen und 25 azyanotischen Herzvitien	38
Tab. 5: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Alterssoll bei 8-11-jährigen und 12-16-jährigen Kindern mit verschiedenen azyanotischen Herzvitien	39
Tab. 6: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Alterssoll bei 8-11-jährigen und bei 12-16-jährigen herzkranken Kindern mit Links-Rechts-Shunt	41
Tab. 7: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Längen- und Gewichtssoll bei 37 Kindern mit 12 zyanotischen und 25 azyanotischen Vitien	43
Tab. 8: Körperliche Leistungsfähigkeit von Kindern mit Shuntvitien, eingeteilt nach dem systolischen Druck in der A.pulmonalis, mit Angaben über Shuntvolumen und Alter	55
Tab. 9: Mittlere Perzentile der PWC ₁₇₀ von Kindern mit Links-Rechts-Shunt (aus Abb. 9 nach DUFFIE und ADAMS), eingeteilt nach Höhe des systolischen Drucks in der A.pulmonalis	55
Tab.10: Durchschnittliches prozentuales Übergewicht (± 0) und durchschnittliche prozentuale Abweichung vom Längensoll (± 6) in verschiedenen Altersstufen adipöser Kinder und Jugendlicher	60

Tab. 11: Mittlere prozentuale Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen verschiedener Altersgruppen	61
Tab. 12: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen und Gewichtsnorm bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen	62
Tab. 13: Mittelwerte der körperlichen Leistungsfähigkeit in Prozent der Alters-, Längen- und Gewichtsnorm in verschiedenen Altersgruppen bei adipösen und gesunden Kindern und Jugendlichen	64
Tab. 14: Mittlere prozentuale Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen unter Berücksichtigung des Übergewichtes	66
Tab. 15: Mittlere prozentuale Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen unter Berücksichtigung des Übergewichtes	66
Tab. 16: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen, nach Übergewicht gruppiert	67
Tab. 17: Mittelwerte der prozentualen Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen- und Gewichtssoll bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen, nach Übergewicht gruppiert	68
Tab. 18: Mittelwerte der körperlichen Leistungsfähigkeit in Prozent der Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei adipösen Kindern, nach ihrem Übergewicht in Gruppen eingeteilt, und bei gesunden Kindern	69
Tab. 19: Mittelwerte der körperlichen Leistungsfähigkeit in Prozent der Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei adipösen Kindern, nach ihrem Übergewicht in Gruppen eingeteilt, und bei gesunden Kindern	70
Tab. 20: Maßkorrelation zwischen prozentualem Übergewicht und prozentualer Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Alters-, Längen- und Gewichtssoll	75

Einleitung

Das Problem einer objektiven Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit von gesunden und kranken Kindern gewinnt innerhalb der Pädiatrie in den letzten Jahren zunehmend an Interesse. Während dabei Aussagen über die Leistungsfähigkeit gesunder Kinder vom Arzt meist im Hinblick auf Anforderungen in der Schule erwartet werden, stehen bei Fragen nach der Leistungsfähigkeit kranker Kinder meist die Probleme einer Regelung der gesamten Lebensführung im Vordergrund.

Unter den kranken Kindern, bei denen eine verminderte körperliche Leistungsfähigkeit von Elternhaus und Schule von vorneherein unterstellt wird, nehmen die Kinder mit angeborenen oder erworbenen Herzvitien eine Sonderstellung ein. Hier besteht die Gefahr, daß nach Stellung einer solchen Diagnose den Kindern jede körperliche Betätigung untersagt wird, so daß ein nicht unbedenklicher Trainingsverlust in kürzester Zeit eintreten muß. Andererseits gibt es unter den angeborenen Herz- und Gefäßkrankheiten solche, wie z.B. Aortenisthmusstenose, bei denen es den Kindern und ihren Eltern oft nur schwer klar zu machen ist, daß eine erhöhte körperliche Aktivität trotz des subjektiven Gefühles hoher körperlicher Leistungsfähigkeit sehr gefährlich sein kann.

Darüber hinaus haben die Fortschritte von Herzdiagnostik und Herzchirurgie immer häufiger den Wunsch aufkommen lassen, die Einschränkung in der körperlichen Leistungsfähigkeit eines Kindes durch sein angeborenes oder erworbenes Vitium genauer festzulegen und die Veränderungen der körperlichen Leistungsfähigkeit z.B. nach Herzoperationen zu objektivieren.

Neben den Kindern mit angeborenen und erworbenen Herzfehlern suchen vor allem adipöse Kinder und Jugendliche den Arzt mit der Frage auf, ob sie wegen subjektiv meist stark herabgesetzter körperlicher Leistungsfähigkeit ihre körperliche Aktivität weiter einschränken sollen, und wünschen dabei häufig vom Arzt die Befreiung vom Schulsport. Auch hier ist es wünschenswert, den Status der körperlichen Leistungsfähigkeit

objektiv zu fixieren, um den Einfluß der therapeutisch notwendigen Reduktion des Körpergewichtes und eines zusätzlichen Trainings auf die körperliche Leistungsfähigkeit quantitativ beurteilen zu können.

Im Folgenden soll darum nach einem Einblick in die Literatur über Methoden zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen auf Grund einer Literaturübersicht und auf Grund eigener Untersuchungen über die körperliche Leistungsfähigkeit von adipösen Kindern sowie von Kindern mit angeborenen und erworbenen Herzfehlern berichtet werden.

I. Methoden zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen

Während noch vor wenigen Jahren eine objektive Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Heranwachsenden als sehr problematisch galt (z.B. EWERBECK und WECHSELBERG (14); KÖTTGEN und BOLT (28)), wurden in letzter Zeit mehrere ergometrische Methoden zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit entwickelt, die sich inzwischen in der Leistungsprüfung auch an einer größeren Zahl von Kindern bewährt haben.

Eine vor allem an erwachsenen Hochleistungssportlern entwickelte (ÅSTRAND (5); HILL und LONG (18)), inzwischen aber gelegentlich auch an Kindern und Jugendlichen (ÅSTRAND (5); ÅSTRAND und RHYMING (7); ÅSTRAND, ENGSTRÖM, ERIKSSON, KARLBERG, NYLANDER, SALTIN und THORÉN (6)) erprobte Methode zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit ist die Bestimmung der maximalen Sauerstoff-Aufnahmefähigkeit. Dieses Verfahren stellt den besten Maßstab für die Beurteilung des Leistungsverhaltens bei schwerer langdauernder körperlicher Arbeit dar. Die maximale O_2 -Aufnahmefähigkeit, von ÅSTRAND auch als "aerobic work capacity" bezeichnet, hängt von der Fähigkeit des Organismus ab, Sauerstoff während körperlicher Arbeit aufzunehmen und an die arbeitenden Muskeln zu transportieren, und wird darum von der Leistungsfähigkeit des respiratorischen und kardiovaskulären Systems begrenzt (TAYLOR, WANG, ROWELL und BLOMQVIST (42)). Obschon die maximale O_2 -Aufnahmefähigkeit ein genaues und theoretisch ausserordentlich interessantes Maß für die Leistungsfähigkeit darstellt, ist es bei Kindern nur schwer anzuwenden, weil man bei ihnen nur selten eine gleichmässige Motivation zu erschöpfender Arbeit erreichen kann. Andererseits ist die Bestimmung der maximalen O_2 -Aufnahmefähigkeit bei gesicherten Erkrankungen nicht ungefährlich, so daß auf eine Anwendung dieser Methode in der klinischen Pädiatrie verzichtet werden muß (LINDE (29)).

Eine weite Verbreitung in der Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit gesunder Kinder hat vor allem in Deutschland die Bestimmung des Sauerstoffpulses (Sauerstoffäquivalent) erlangt. Bei dieser von HENDERSON und PRINCE (17) erstmalig

angegebenen Methode geht man von der Vorstellung aus, daß ein Mensch umso leistungsfähiger ist, je mehr Sauerstoff er mit jedem Herzschlag transportieren kann. Für die Bestimmung des O_2 -Pulses, der eine rechnerische Größe darstellt, benötigt man darum die Werte der O_2 -Aufnahme auf einer bestimmten physikalisch definierten Belastungsstufe und die Werte der Pulsfrequenz im gleichen Abschnitt. Erfahrungen mit dieser Meßgröße haben an Kindern vor allem KIRCHHOFF (24); KIRCHHOFF, REINDELL und GIESE (25); KIRCHHOFF, REINDELL und HAUSWALDT (26); HOLLMANN, VALENTIN und VENRATH (19) sowie MELLEROWICZ und LERCHE (31) sammeln können. Obschon die Bestimmung des O_2 -Pulses ein brauchbares Maß der Leistungsfähigkeit von Kindern darstellt, ist seine Anwendbarkeit begrenzt, da sich vor allem kranke Kinder durch die dabei notwendigen Respirationsversuche stark belastigt fühlen und die Arbeit vorzeitig abbrechen.

Die weiteste Verbreitung in der Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit gesunder und kranker Kinder hat vor allem im angelsächsischen Schrifttum die Bestimmung der sog. "physical working capacity" (PWC₁₇₀) nach WAHLUND (44) erlangt. Hier bestimmt man auf wenigstens 3 Belastungsstufen am Fahrradergometer die Pulsfrequenz und ermittelt auf dem Wege der Intra- oder Extrapolation als Maß der Leistungsfähigkeit diejenige Leistung in mkp/min, bei der eine Pulsfrequenz von 170/min auftritt.

Erfahrungen an gesunden und kranken Kindern liegen mit dieser Methode aus Untersuchungen von ADAMS, LINDE und MIYAKE (4); ADAMS, BENGTTSSON, BERVEN und WEGELIUS (2); ADAMS und DUFFIE (3); DUFFIE und ADAMS (13); KJELLBERG, MANNHEIMER, RUDHE und JONSSON (27); RUTENFRANZ (37) vor.

Allen bisher genannten Verfahren liegt als gemeinsames Kriterium der körperlichen Leistungsfähigkeit das Verhältnis zwischen Arbeitspulsfrequenz und Sauerstoffaufnahme bzw. Leistung zu Grunde (MÜLLER (33); RUTENFRANZ (37); RUTENFRANZ, HOCKE, HOCKE und HOFMANN-KEILHACKER (39); RUTENFRANZ u. HOCKE (40). Dieses Verhältnis läßt sich exakt über die Bestimmung des Regressionskoeffizienten zwischen Leistung und Arbeitspulsfrequenz erfassen, der von MÜLLER (32) als "Leistungspulsindex"

bezeichnet wurde. Die Bestimmung dieser Meßgröße erfolgt bei kontinuierlich steigender Leistung; sie gibt die Dimension: $\text{Pulse}/60 \text{ mkp min}^{-1}$ Leistungszunahme je Minute. Erfahrungen mit dieser Meßgröße liegen an Kindern von HEINEMANN (15); NÖCKER und BÖHLAU (35, 36); RUTENFRANZ (37) sowie RUTENFRANZ und HETTINGER (38) vor.

II. Die körperliche Leistungsfähigkeit von Kindern mit angeborenen und erworbenen Herz- und Gefäßkrankheiten nach Angaben in der Literatur

Während Untersuchungen über den Einfluß erworbener und angeborener Herzfehler auf die körperliche Leistungsfähigkeit an Erwachsenen bereits in grösserer Zahl durchgeführt wurden (z.B. BENGTSOON (8); BINK (9); BRUCE, BLACKMON, JONES und STRAIT (10); HOLMGREN, JONSSON, LINDERHOLM, SJÖSTRAND und STRÖM (20); JONSSON, LINDERHOLM und PINARDI (21); WAHLUND (44)), liegen an Kindern bisher nur verhältnismässig wenige Beobachtungen vor.

So bestimmte BENGTSOON (8) bei 34 Kindern im Alter zwischen 6 und 14 Jahren und bei 34 jungen Erwachsenen, die während verschiedener Infektionskrankheiten höchstens vorübergehend Zeichen einer Myocarditis gezeigt hatten, die "physical working capacity" am Tage der Entlassung aus der stationären Behandlung. Bemerkenswerterweise ließ sich bei den Kindern keine Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit nachweisen, während sich bei Erwachsenen, besonders bei den Frauen, eine deutliche Verminderung der körperlichen Leistungsfähigkeit fand, die mit einer Verminderung des Herzvolumens einherging.

Ausserdem untersuchte BENGTSOON (8) die körperliche Leistungsfähigkeit bei 30 Kindern im Alter zwischen 6 und 14 Jahren und bei 45 Erwachsenen, die während verschiedener Infektionskrankheiten sichere Zeichen einer Myocarditis aufgewiesen hatten, die "physical working capacity". Im Vergleich zum Körpergewicht war bei fast der Hälfte der Patienten die PWC₁₇₀ abnorm niedrig. Bei Bezug auf das Herzvolumen beobachtete BENGTSOON (8) noch bei 14 Patienten eine "signifikante" Einschränkung der Leistungsfähigkeit. BENGTSOON hat aus diesem Grunde empfohlen, bei allen Patienten, welche während einer Infektionskrankheit sichere Zeichen einer Myocarditis aufgewiesen haben, das Verhalten der körperlichen Leistungsfähigkeit auch nach Abklingen der akuten Krankheitserscheinungen noch weiterhin genau zu kontrollieren.

Bei Patienten mit erworbenen Herzfehlern wurde die Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit durch eine Mitralstenose mehrfach untersucht. So konnte BINK (9) zeigen, daß die körperliche Leistungsfähigkeit (bestimmt als "Pols-Prestations-Index") mit zunehmender Verkleinerung des verbleibenden ostium mitrale linear abnimmt. HOLMGREN, JONSSON, LINDERHOLM, SJÖSTRAND und STRÖM (20) beobachteten bei 38 Patienten im Alter von 16 bis 52 Jahren, vorwiegend mit isolierter Mitralstenose, daß die "physical working capacity" bei den männlichen Personen auf Werte zwischen 100 und 950 mkp/min eingeschränkt war (untere Grenze des Normalbereiches: 900 mkp/min), während die weiblichen Personen Werte zwischen 50 und 700 mkp/min aufwiesen (untere Grenze des Normalbereiches: 500 mkp/min). Bezog man die gefundenen Werte auf die Menge des Gesamthaemoglobins, das bei den Patienten trotz der vergrößerten Herzvolumina im Durchschnitt normal war, so lag die "physical working capacity" in 4 Fällen zwischen 75 und 100 %, in 17 Fällen zwischen 50 und 75 %, in 9 Fällen zwischen 25 und 50 %, in 8 Fällen unter 25 % der Norm.

Untersuchungen an Kindern mit angeborenen Herzfehlern beziehen sich bis jetzt vor allem auf Patienten mit Ventrikelseptumdefekten und Vorhofseptumdefekten. So untersuchten DUFFIE und ADAMS (13) die "physical working capacity" bei 58 Kindern mit Ventrikelseptumdefekten und bei 43 Kindern mit Vorhofseptumdefekten; bei 62 von diesen Kindern bestand ein Links-Rechts-Shunt. Die Untersuchungen ergaben, daß die Leistungsfähigkeit der Kinder im Mittel nur etwas unter den nach der Körperoberfläche zu erwartenden Normalwerten lag, doch war der Grad der Leistungsminderung primär abhängig vom Grad der pulmonalen Hypertension. Patienten mit normalen Druckverhältnissen hatten darum oft eine praktisch normale körperliche Leistungsfähigkeit, selbst bei ziemlich großem Links-Rechts-Shunt.

In Übereinstimmung mit diesen Befunden beobachteten KJELLBERG, MANNHEIMER, RUDHE und JONSSON (27), daß die "physical working capacity" bei 14 Kindern mit angeborenem Ventrikelseptumdefekt nur dann eingeschränkt war, wenn eine

pulmonale Hypertension bestand. In diesen Fällen kam es bei Belastung zu einer Shunt-Umkehr mit Belastungszyanose und zu einem Abfall der Leistung bis auf 20 % des nach dem Gesamthaemoglobin zu erwartenden Wertes.

Bei 10 Kindern im Alter von 6 bis 17 Jahren mit einem angeborenen Vorhofseptumdefekt war die "physical working capacity" auch bei extrem großem Links-Rechts-Shunt nach den Untersuchungen von KJELLBERG, MANNHEIMER, RUDHE und JONSSON (27) fast immer gut erhalten und nur in einem Fall eingeschränkt.

Auf eine deutliche Altersabhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit bei 22 Patienten mit angeborenem Vorhofseptumdefekt haben JONSSON, LINDERHOLM und PINARDI (21) auf Grund ihrer Untersuchungen hingewiesen. In Übereinstimmung mit den Beobachtungen von KJELLBERG, MANNHEIMER, RUDHE und JONSSON (27) sahen sie bei Patienten unter 25 Jahren die "physical working capacity" nur in 3 Fällen auf weniger als 75 % der Norm eingeschränkt, während eine derartige Leistungseinschränkung bei allen Personen über 25 Jahren bestand. Man wird auch hier annehmen müssen, daß die mit zunehmendem Lebensalter sich entwickelnde pulmonale Hypertension für diese Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit verantwortlich zu machen ist.

Bei 12 Kindern und 11 Erwachsenen mit einer angeborenen Pulmonalstenose beobachteten KJELLBERG, MANNHEIMER, RUDHE und JONSSON (27) eine positive Korrelation zwischen dem Grad der Stenose und dem Ausmaß der Leistungsminderung. DUFFIE und ADAMS (13) sahen bei 23 Kindern mit isolierter Pulmonalstenose eine Abhängigkeit der bei allen Kindern vorhandenen Leistungseinschränkung vom Ausmaß der Hypertrophie des rechten Ventrikels sowie vom systolischen Druckgradienten. Bei einem Druckgradienten von < 70 mm Hg lag die "physical working capacity" nämlich im Mittel im 34. Perzentil der nach der Körperoberfläche zu erwartenden Leistungsfähigkeit, bei Druckgradienten von > 70 mm Hg aber im Bereich des 16. Perzentils.

Ähnliche Befunde wurden von ADAMS und DUFFIE (3) auch an 17 Kindern mit Aortenstenose beobachtet. Auch hier nahm die Leistungsmin- derung mit zunehmendem systolischen Druckgradienten zu; nur bei einem Patienten bestand diese Beziehung nicht.

Von 3 Patienten mit Aortenisthmusstenose, die DUFFIE und ADAMS (13) untersuchten, hatten alle eine erheblich vermin- derte körperliche Leistungsfähigkeit. Bei 11 Kindern mit Zyanose, verursacht durch verschiedene Fehlbildungen wie: Fallotsche Tetralogie, Ventrikelseptumdefekt vom Eisen- mengertyp, Endocardfibroelastosis mit Mitralinsuffizienz und pulmonaler Hypertension, beobachteten DUFFIE und ADAMS (13) die stärkste Einschränkung der körperlichen Leistungsfähig- keit. Da sich kein Unterschied in der Leistungsmin- derung für die Patienten mit Fallotscher Tetralogie und pulmonaler Hypertension nachweisen ließ, vermuten DUFFIE und ADAMS (13), daß die besonders starke Leistungsmin- derung bei dieser Patientengruppe durch die Zyanose selbst im wesentlichen bedingt sein müßte.

III. Die körperliche Leistungsfähigkeit von adipösen Kindern und Jugendlichen nach Angaben in der Literatur

Obschon das Ausmaß der täglichen körperlichen Aktivität neben anderen Faktoren mit dafür entscheidend ist, ob bei einer bestimmten Nahrungsaufnahme eine Adipositas auftritt (KEYS und BROŽEK (23)), wurde bisher der Einfluss einer stärkeren Adipositas auf die körperliche Leistungsfähigkeit, insbesondere von Kindern, nur selten untersucht.

So bestimmten BUSKIRK, TAYLOR und SIMONSON (12) an 26 Soldaten und 45 Studenten im Alter von 18 bis 27 Jahren sowie an 82 Angestellten und Geschäftsleuten im Alter von 47 bis 57 Jahren die Ruhepulsfrequenz sowie das Verhalten der Pulsfrequenz während und nach einer Arbeit auf der Tretbahn (3 km/h; Neigung 5 %). Dabei beobachteten sie eine enge korrelative Beziehung zwischen dem Ausmaß der Pulsfrequenzsteigerung durch die Arbeit und dem prozentualen Übergewicht sowie dem prozentualen Fettanteil.

In scheinbarem Gegensatz hierzu stellte JOSEPHANS (22) bei seinen Untersuchungen an 12 Studenten und Soldaten, die ein Übergewicht von 12 - 50 % hatten, fest, daß die körperliche Leistungsfähigkeit seiner Probanden normal war. Bei Arbeit auf dem Fahrradergometer mit Belastungen von 0,5, 1,0, 1,5 und 2,0 Watt je Kg theoretisches "Normalgewicht" entsprach das Verhalten der Pulsfrequenz bei den Übergewichtigen dem der Normalpersonen; deutlich erniedrigt war dagegen die muskuläre Ausdauer bei statischer und dynamischer Arbeit.

Solche scheinbar gegensätzlichen Befunde über die Bedeutung des Übergewichts auf die körperliche Leistungsfähigkeit beruhen nach BUSKIRK und TAYLOR (11) zumeist auf nicht genügend genauen Charakterisierungen des Übergewichts. In Untersuchungen an 50 Studenten und Soldaten im Alter von 18-29 Jahren, die bis zu 34 % Fett an der Gesamtkörpermasse aufwiesen, konnten sie zeigen, daß magere und fettstchtige Personen eine gleich große maximale O_2 -Aufnahme/kg "fettfreier" Körpermasse bei gleichem körperlichen Trainingszustand besitzen. Aus diesem Grunde werden "übergewichtige" Personen

mit einem relativ kleinen Fettanteil an der Gesamtkörpermasse eine bessere körperliche Leistungsfähigkeit aufweisen als Personen, die bei gleichem Körpergewicht einen relativ hohen Fettanteil an der Gesamtkörpermasse aufweisen und die allein im strengen Sinne unter das Krankheitsbild der Adipositas fallen können.

Diese Befunde wurden von ADAMS, BENGTTSSON, BERVEN, BÖRJESSON, ENGSTRÖM, IKKOS, JONSSON, KARLBERG und KRAEPELIN (2) bei Untersuchungen an 24 adipösen Jungen im Alter von 9 Jahren bestätigt. Die Autoren fanden, daß die körperliche Leistungsfähigkeit dieser Kinder, geprüft als "physical working capacity" (PWC₁₇₀), unter Berücksichtigung von Körpergewicht, Herzvolumen und Gesamthaemoglobin stark eingeschränkt war.

IV. Eigene Untersuchungen

1. Untersuchungsgut

In unsere Untersuchungen wurden 37 Kinder mit angeborenen und erworbenen Herzfehlern im Alter zwischen 5 und 15 Jahren einbezogen. Dabei handelte es sich um 26 Jungen und 11 Mädchen. Die Kinder waren Patienten der Pädiatrischen Poliklinik, der Kinderklinik und der Chirurgischen Klinik der Universität München. Von allen Kindern war ein genauer klinischer Befund erhoben worden. Die endgültige Diagnose stützte sich ausser auf die klinische Untersuchung wie üblich auf Röntgenbilder, EKG, Phonokardiogramm, Herzkatheter bzw. Angiographie und z.T. auf den Operationsbefund.

Die Häufigkeit verschiedener Herzfehler in unserem Untersuchungsgut findet sich in Tab. 1. Darin erkennt man, daß mehr als die Hälfte (19) einen überwiegend arterio-venösen Shunt aufwiesen und zumeist an einem Ventrikelseptumdefekt (VSD) oder an einem Vorhofseptumdefekt (ASD) litten. Die nächstgrößte Gruppe umfaßt 12 Patienten ohne Shunt, während sich in unserem Untersuchungsgut nur 6 Patienten mit überwiegend venös-arteriellem Shunt, meist Kinder mit Fallotschen Tetra- oder Trilogien befanden.

Unter den 101 übergewichtigen Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 8 und 18 Jahren, die im Hinblick auf ihre körperliche Leistungsfähigkeit untersucht wurden, befanden sich 65 Jungen und 36 Mädchen. Von diesen hatten sich wegen einer erheblichen Adipositas 44 Jungen und Mädchen in stationärer oder ambulanter Betreuung der Pädiatrischen Poliklinik bzw. der Kinderklinik der Universität München befunden. Weitere 21 Jungen mit einem mäßigen Übergewicht waren Schüler der Luitpold-Oberrealschule in München. Sie waren von uns auf Grund der in den schulärztlichen Untersuchungsbogen vorhandenen Gewichtsangaben unter Berücksichtigung der Normgewichte nach den Somatogrammen von VOGT (43) bzw. HELLBRÜGGE und VOGT (16) ausgewählt worden. Die restlichen 38 Jungen mit leichten bis mäßigen Übergewichten waren Schüler Dortmunder Schulen und waren dort im Rahmen

Tab. 1: Häufigkeit verschiedener Herzfehler in unserem Untersuchungsgut

Diagnose	Anzahl der Fälle	Jungen	Mädchen	Symbole in den Zeichnungen
überwiegend arterio- venöser Shunt	Ventrikelseptumdefekt	4	4	●
	Vorhofseptumdefekt	5	3	○
	VSD + Pulmonalstenose	1	-	⊙
	totaler AV-Kanal	1	-	⊕
	offener Ductus Botalli	-	1	⊞
überwiegend venös- arterieller Shunt	ASD + VSD + Trikuspidalstenose	1	-	●
	Korrigierte Transposition + ASD + Trikuspidalinsuffizienz	1	1	⊕
	Fallotsche Tetralogie	3	-	⊖
	Fallotsche Trilogie	1	1	●
ohne Shunt	Aortenklappenstenose	3	1	●
	Kombiniertes Aortenvitium	2	-	⊖
	Aortenisthmusstenose	2	-	⊕
	isolierte, valvuläre Pulmonalstenose	1	-	○
	Pericarditis constrictiva	1	-	●
	Mitralinsuffizienz	3	-	⊙

einer größeren Untersuchungsreihe von RUTENFRANZ und HETTINGER (38) auf ihre körperliche Leistungsfähigkeit hin untersucht worden.

2. Meßanordnungen

Zur Messung der geleisteten Arbeit benutzten wir das Fahrradergometer nach E.A. MÜLLER (33). Bei diesem mit Wirbelstrom gebremsten Ergometer kann man die verlangte Leistung konstant oder kontinuierlich steigend vorgeben. Wir ließen in unseren Versuchen die Leistung um 60 mkp min^{-1} in jeder Minute kontinuierlich ansteigen. Die Tretgeschwindigkeit lag bei 60 Pedalumdrehungen/min und wurde durch einen optischen Schrittmacher vorgegeben und kontrolliert. Mit Hilfe des optischen Schrittmachers erlernten es auch jüngere Kinder relativ schnell, die vorgeschriebene Tretgeschwindigkeit konstant zu halten.

Die Messung der Pulsfrequenz erfolgte mit einem photoelektrischen Pulszähler nach MÜLLER und HIMMELMANN (34). Dieses Gerät basiert auf dem von MATTHES (30) angegebenen Prinzip der photoelektrischen Pulszählung, verwendet aber statt der Fingerphotozelle eine Ohrphotozelle. Die nur wenige Gramm wiegende und am Ohr der Kinder leicht zu befestigende Meßeinheit bestand aus einem Cystoskoplämpchen und einer gegenüberstehenden federnd gehaltenen Silicium-Photozelle. Bei jedem Pulsschlag trat eine optische Verdichtung des Ohrlämpchens auf, die eine Widerstandsschwankung hervorrief, welche über eine Meßbrücke einem Verstärker zugeführt und von da auf ein automatisches Zählwerk gegeben wurde. Dieses Zählwerk druckte in Minutenabständen die Zahl der registrierten Pulse.

3. Versuchsanordnung

Bei allen von uns untersuchten Kindern bestimmten wir sowohl den Regressionskoeffizienten zwischen Leistung und Arbeitspulsfrequenz (Leistungspulsindex) nach E.A. MÜLLER (32) als auch die "physical working capacity" (PWC_{170}) nach WAHLUND (44) in der von RUTENFRANZ (37) vorgeschlagenen

Weise gleichzeitig in einem Arbeitsversuch. Dabei gingen wir im einzelnen folgendermaßen vor:

Die Kinder und Jugendlichen saßen, nachdem sie mit dem Gerät vertraut gemacht worden waren und sich von der Ungefährlichkeit der Untersuchungsmethode überzeugt hatten, einige Minuten nach Anschluß der Meßeinheiten ruhig auf dem Ergometer. Danach führten die Kinder 4 Minuten lang "Leerbewegungen" der Pedale aus, um ein gewisses "warming up" zu erreichen, was einer Leistung von etwa 0,5 mkp/sec entsprach. Danach wurde die Leistung automatisch, von 1 mkp/sec ausgehend, kontinuierlich um 60 mkp/min gesteigert, bis eine Pulsfrequenz nahe von 170/min erreicht war oder bis die Kinder die Arbeit nicht mehr weiter ausführen konnten. Aus den auf diese Weise gewonnenen Werten berechneten wir den "Leistungspulsindex" und die "physical working capacity" (PWC₁₇₀) auf folgende Weise:

a) Berechnung des Leistungspulsindexes: Da der Leistungspulsindex b den Regressionskoeffizienten zwischen Leistung und Arbeitspulsfrequenz darstellt, errechnet er sich über die Gleichung

$$b = \frac{\sum [(y - \bar{y}) \cdot (x - \bar{x})]}{\sum (x - \bar{x})^2}$$

Hierin bedeuten y die Pulsdifferenzen, x die Belastungsstufen in mkp/sec. Die praktische Berechnung des Leistungspulsindexes wurde aus Gründen der Vereinfachung in Anlehnung an RUTENFRANZ (37) nach dem in Tab. 2 aufgeführten Schema durchgeführt.

Wie in Tab. 2 aufgeführt, trägt man zunächst die am Ende jeder Minute erreichte Leistung in mkp/sec bis zur 5. Minute (x_a) und danach in aufsteigender Reihenfolge unter der Rubrik x_a bzw. x_b auf. In gleicher Weise verfährt man mit den für diese Belastungsstufen ermittelten Pulsfrequenzen unter der Rubrik y_a bzw. y_b . Daraufhin bildet man die Differenzen $x_b - x_a$ bzw. $y_b - y_a$ und multipliziert die entsprechenden Differenzen miteinander. Die hieraus zu berech-

Tab. 2: Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung des Regressionskoeffizienten zwischen Arbeitspulsfrequenz und Leistung (LPI)

Leistung in mkp/sec				Pulsfrequenz/min			Bildung der Produktsumme
x_a	x_b	$x_b - x_a$	$(x_b - x_a)^2$	y_a	y_b	$y_b - y_a$	$(x_b - x_a) \cdot (y_b - y_a)$
1	10	9	81	100	138	38	342
2	9	7	49	104	133	29	203
3	8	5	25	109	129	20	100
4	7	3	9	114	125	11	33
5	6	1	1	118	121	3	3
=165							=681

nende Produktsumme dividiert man durch die Summe der Quadrate $(x_b - x_a)^2$ entsprechend der Formel

$$b = \frac{\sum [(x_b - x_a) \cdot (y_b - y_a)]}{\sum (x_b - x_a)^2} = \frac{681}{165} = 4,13$$

Dieser Quotient stellt den Regressionskoeffizienten bzw. den Leistungspulsindex dar.

b) Errechnung der "physical working capacity" (PWC₁₇₀):

Die "physical working capacity" (PWC₁₇₀) wurde aus dem Leistungspulsindex b und der Anfangspulsfrequenz nach der von RUTENFRANZ (37) entwickelten Gleichung

$$PWC_{170} = L_a + K \frac{170 - F_a}{b}$$

errechnet. Hierin bedeuten L_a die Leistung in mkp min⁻¹ bei der Ausgangspulsfrequenz F_a , 170 die Grenzspulsfrequenz, welche als Kriterium der Leistungsfähigkeit dient, b den Regressionskoeffizienten zwischen Leistung und Arbeitspulsfrequenz und K den Umrechnungsfaktor vom Wert 60 für die Umwandlung von mkp sec⁻¹ in mkp min⁻¹.

Setzt man die Werte aus dem vorangestellten Beispiel für die Berechnung des Leistungspulsindex in die obige Gleichung ein, dann errechnet sich die "physical working capacity" (PWC₁₇₀) zu:

$$PWC_{170} = 60 + 60 \frac{170-100}{4,13}$$

$$PWC_{170} = 1074 \text{ mkp/min.}$$

4. Angewandte statistische Methoden

Die arithmetischen Mittelwerte berechneten wir nach der Formel:

$$AM = \frac{\sum x}{n}$$

Die Streuungen (standard deviation) wurden nach der Formel

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x^2) - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$$

oder nach dem fortlaufenden Summierungsverfahren errechnet.

Die Berechnung von Maßkorrelationen erfolgte nach der Formel

$$r = \frac{\sum [(x-\bar{x}) \cdot (y-\bar{y})]}{\sqrt{\sum (x-\bar{x})^2 \cdot \sum (y-\bar{y})^2}}$$

Um zu prüfen, ob zwei Mittelwerte der gleichen Grundgesamtheit entstammen könnten, bedienten wir uns der t-Funktion nach der Formel

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_2} + \frac{\sigma_2^2}{n_1}}}$$

Aus den t-Werten errechneten wir jeweils die prozentuale Wahrscheinlichkeit, nach der der gefundene Unterschied noch als zufallsbedingt erwartet werden kann. Für die Signifikanzbezeichnung von Unterschieden haben wir im Text folgende Stufen der prozentualen Zufallswahrscheinlichkeit p gewählt:

- p < 0,1 % Unterschied = "sehr signifikant" ^{xx}
- p < 1 % Unterschied = "signifikant" ^x
- p < 5 % Unterschied = "wahrscheinlich signifikant" () ^x
- p > 5 % Unterschied = "nicht signifikant" ()

Um festzustellen, ob sich die gefundenen Korrelationskoeffizienten von einer mit 0 angenommenen Korrelation signifikant unterscheiden, wandten wir die t-Funktion in der Form

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-2}$$

an. Unterschiede zwischen Korrelationskoeffizienten prüften wir über die z-Transformation auf ihre Signifikanz. Dabei wurde die Korrelationsziffer (z) aus der Maßkorrelation (r) über die Beziehung

$$z = \text{Log.nat.} \sqrt{\frac{1+r}{1-r}}$$

ermittelt.

Beim Vergleich von Korrelationskoeffizienten haben wir erst Differenzen mit einer Zufallswahrscheinlichkeit von < 0,27 % als "signifikant" bezeichnet.

Die Berechnung des Standardfehlers einer Regression erfolgte nach der Formel

$$\sigma_{yx} = \sqrt{\frac{[\sum (y-\bar{y})^2 - \frac{(\sum (y-\bar{y})(x-\bar{x}))^2}{n-2}] \cdot b^2}{n-2}}$$

5. Ergebnisse

a) Die körperliche Leistungsfähigkeit von Kindern mit angeborenen und erworbenen Herzfehlern

Bevor wir auf die Leistungsfähigkeit der von uns untersuchten herzkranken Kinder im Verhältnis zu Lebensalter und körperlicher Entwicklung genauer eingehen, stellen wir in Form einer kurzgefaßten Kasuistik die einzelnen Kinder in der Reihenfolge vor, wie sie auch in Tab. 3 (S.25) aufgeführt sind. Wir haben dabei die Ergebnisse der klinischen Untersuchung nur insoweit berücksichtigt, wie sie im Rahmen unserer Untersuchungen wesentlich sind.

Tab. 3: Wichtigste Meßdaten der Kinder mit Herzvitien zur Orientierung in den Zeichnungen. Die in den folgenden Teilen des Abschnittes 5 a) innerhalb des Textes in Klammern gekennzeichneten Zahlen beziehen sich auf Fälle in dieser Tabelle

Nr.	Geschlecht	Alter	Körper- oberfläche	LPI	+ Alters- soll (JPI)	PWC	+ Alters- soll (F/C)	Diagnose
1	m	13,1	1,365	3,42	+30,8	937	+ 4,2	VSD
2	m	12,3	1,175	7,06	-31,7	561	-35,9	VSD
3	w	8,4	0,900	8,80	-18,3	462	+11,6	VSD
4	w	12,3	0,902	9,20	-55,4	445	-26,8	VSD
5	w	10,7	1,060	7,28	+ 2,6	660	+45,4	VSD
6	w	8,6	0,930	7,77	- 4,4	276	-31,0	VSD
7	m	15,3	1,345	4,64	-19,6	1017	-18,8	VSD
8	m	11,9	0,970	6,06	-13,7	733	+ 3,7	VSD
9	m	12,6	1,398	6,50	-21,3	854	- 2,4	ASD
10	w	12,5	1,194	8,66	-53,6	462	-24,0	ASD
11	w	13,4	1,540	6,10	-14,2	550	-25,4	ASD
12	m	9,2	1,050	6,54	- 2,3	583	+ 4,5	ASD
13	m	9,3	0,990	9,40	-47,1	507	- 9,1	ASD
14	w	12,5	1,330	7,63	-28,9	689	+13,2	ASD
15	m	15,4	1,870	4,77	-22,9	1003	-20,0	ASD
16	m	14,35	0,992	7,00	-55,9	531	-51,8	ASD
17	m	9,6	1,062	6,37	+ 0,3	578	+ 3,6	VSD+Pulmonalstenose
18	m	9,1	1,040	6,08	+ 4,9	632	+11,7	AV-Kanal
19	w	15,3	1,490	5,99	-33,7	591	-15,0	offener Ductus Botalli
20	m	13,05	1,150	10,50	-112,6	243	-73,0	ASD, VSD, Trikuspidalstenose
21	w	14,7	1,400	7,20	-42,0	433	-40,5	korrig. Transpos.+ASD+
22	w	13,9	1,115	9,69	-81,5	432	-41,4	Trikuspidalinsuffizienz
23	m	12,75	1,060	9,83	-83,4	402	-54,1	Fallotische Trilogie
24	m	9,9	0,905	11,00	-72,1	349	-27,5	Fallotische Tetralogie
25	m	16,25	1,690	5,12	-36,5	728	-48,6	Fallotische Tetralogie
26	m	15,0	1,608	4,22	- 8,8	1226	- 2,2	Aortenstenose
27	w	11,6	1,139	7,70	-13,1	434	-11,8	Aortenstenose
28	m	11,5	1,095	9,50	-78,2	426	-39,6	Aortenstenose
29	m	14,6	1,740	3,37	+25,0	897	-18,6	komb.Aortenvit.
30	m	8,25	0,962	12,00	-79,1	226	-39,2	komb.Aortenvit.
31	m	10,35	1,055	7,20	-11,1	418	-32,0	Pulmonalstenose
32	m	14,65	1,742	2,59	-42,3	1751	+58,9	Aortenisthmusstenose
33	m	10,8	1,023	8,60	-35,8	646	+ 5,0	Aortenisthmusstenose
34	m	10,85	1,204	5,93	+ 8,5	748	+21,6	Mitralklappeninsuffizienz
35	m	11,8	1,198	6,05	-13,5	675	- 4,5	Mitralklappeninsuffizienz
36	m	9,85	1,120	7,16	-12,4	586	+ 5,0	Mitralklappeninsuffizienz
37	m	15,0	1,478	7,50	-88,1	422	-66,3	Pericarditis constrictiva

- 1) Altersgemäß entwickelter, kräftiger Junge von 13,1 Jahren mit einem kleinen VSD. Das Shuntvolumen lag unter 30 %, und die Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf waren normal. Der Junge zeigte im Arbeitsversuch überdurchschnittliche Leistungen. Besonders seine Fähigkeit zu Dauerleistungen war ausgezeichnet.
- 2) 12,3-jähriger, leicht retardierter Junge mit VSD. Das Shuntvolumen betrug 35 %, der Druck in der A.pulmonalis 32 mm Hg systolisch; es bestand anscheinend eine beginnende Druckerhöhung. Jedoch war die Leistungsfähigkeit in Relation zur körperlichen Entwicklung normal, in Relation zum Alter allerdings eingeschränkt.
- 3) Etwas untergewichtiges 8,4-jähriges Mädchen mit einem hochsitzenden VSD. Das Shuntvolumen lag bei etwa 45 %; die Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf waren normal. Die Fähigkeit zu Dauerleistungen war etwas eingeschränkt, die Fähigkeit zu kurzfristigen Höchstleistungen etwas gesteigert, beide jedoch im Bereich der Norm.
- 4) 12,3-jähriges Mädchen mit der körperlichen Entwicklung einer 7-8-Jährigen, die nach Angaben der Eltern in ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit nicht eingeschränkt war. Es handelte sich bei diesem Mädchen um einen großen VSD mit pulmonaler Hypertonie (Druck in der A.pulmonalis 60/12 mm Hg), doch war der Shunt mit 65 % immer noch sehr groß. Im Arbeitsversuch kam es zu einer Eisenmengerreaktion, die allerdings nicht sehr ausgeprägt war, so daß in Relation zur körperlichen Entwicklung die Leistungsfähigkeit noch innerhalb des einfachen Streubereiches, wenn auch unter dem Durchschnitt, lag. Im Vergleich zu Gleichaltrigen war sie dagegen wegen der ausserordentlich starken Retardierung ganz erheblich in ihren Leistungen gemindert.
- 5) 10,7-jähriges Mädchen mit altersgemäßem Gewicht, aber der Länge einer gerade 9-Jährigen. Es handelte sich um einen kleinen VSD vom Typ eines morbus Roger. Der Links-Rechts-Shunt betrug in Ruhe nicht mehr als 30 %, während die Druckverhältnisse in der A.pulmonalis einschliesslich des Kapillargebietes völlig normal waren. Die körperliche Leistungsfähigkeit war

nach Angaben der Eltern altersgemäß. Im Arbeitsversuch konnten wir dies für die Fähigkeit zu kurzdauernden Leistungen bestätigen; die Fähigkeit zu Dauerleistungen war sogar beträchtlich erhöht.

6) 8,6-jähriges, zartes Mädchen, das etwas untergewichtig war, mit nur kleinem VSD (Shuntvolumen 35 %) und normalen Druckverhältnissen im kleinen Kreislauf. Trotzdem war im Arbeitsversuch die "physical working capacity" PWC_{170} um 30 % gesenkt, die Dauerleistungsfähigkeit dagegen normal.

7) Leicht retardierter und untergewichtiger 15,3-jähriger Junge mit einem VSD. Es bestand bei einem Links-Rechts-Shunt von 50 % eine geringe volumenbedingte pulmonale Hypertension. Die Leistungsfähigkeit war schlechter als die Gleichaltriger (PWC_{170} : -19 %; LPI: -20 %), jedoch in Relation zur körperlichen Entwicklung gesteigert.

8) Kleiner untergewichtiger Junge von 11,9 Jahren mit einem Links-Rechts-Shunt von 45 % und mäßiger pulmonaler Hypertonie. Der Druck in der A.pulmonalis betrug 50 mm Hg systolisch. Ausserdem bestand ein geringer Druckgradient zwischen rechtem Ventrikel und A.pulmonalis. In Relation zum Alter war die Leistungsfähigkeit normal (PWC_{170} : +4 %; LPI: -13 %), in Relation zur körperlichen Entwicklung sogar deutlich gesteigert.

9) 12,6-jähriger Junge in gutem Allgemeinzustand mit hochsitzendem ASD. Die Rezirkulation war gering, und die Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf waren normal. Anamnestisch ergab sich keine Leistungseinschränkung, jedoch war im Arbeitsversuch die Dauerleistungsfähigkeit, gemessen als "Leistungspulsindex", mehr als 20 % unter der Norm.

10) 12,5-jähriges Mädchen, dessen Längenwachstum um 2 Jahre verzögert war, das aber starkes Übergewicht hatte. Es bestand ein ASD mit einem Links-Rechts-Shunt von 50 %. Die vermehrte Lungenzeichnung sprach für eine pulmonale Drucksteigerung, dagegen waren die beim Herzkatheter gemessenen Druckwerte im Bereich der Norm. Bei ihr war die Fähigkeit zu Dauerleistungen, besonders in Relation zum Alter, erheblich eingeschränkt, weniger dagegen die Fähigkeit zu kurzdauernden Leistungen, die in Relation zur körperlichen Entwicklung sogar normal waren.

11) 13,5-jähriges Mädchen mit ASD, das die Länge einer 19-Jährigen aufwies. Das Shuntvolumen betrug 30 %, die Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf waren normal. Die Leistung im Arbeitsversuch war, gemessen als LPI, noch innerhalb der einfachen Streubreite, gemessen als PWC₁₇₀ dagegen unterhalb des Normalen. Nach unserer Ansicht war die ausserordentlich starke Akzeleration in diesem Fall die Ursache der frühzeitigen Leistungseinschränkung.

12) 9,2-jähriger, altersgemäß entwickelter Junge mit ASD. Das Shuntvolumen lag bei 30 %, es bestand keine pulmonale Hypertension. Die Leistungsfähigkeit erwies sich im Arbeitsversuch als völlig normal.

13) 9,3-jähriger, altersgemäß entwickelter Junge mit ASD. Das Shuntvolumen betrug 60 %, und es bestand eine leichte pulmonale Hypertension mit einem Druck in der A.pulmonalis von 45/15 mm Hg. Die vermehrte Rötung der Fingerendglieder und Wangen wies auf eine periphere Zyanose leichten Grades hin. Die Fähigkeit zu Dauerleistungen war im Arbeitsversuch stark herabgesetzt, die Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen annähernd normal.

14) 12,5-jähriges wenig akzeleriertes Mädchen mit einem großen ASD (ostium secundum Defekt). Die Größe des Shuntvolumens betrug 45 % des Kleinkreislaufvolumens, eine pulmonale Hypertension bestand nicht, ebensowenig gab es Zeichen einer peripheren Zyanose. Dennoch war die Fähigkeit zu Dauerleistungen sowohl in Relation zum Alter als auch zur Körperoberfläche erheblich eingeschränkt (LPI im Durchschnitt -30 %), während die Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen sogar etwas über dem Durchschnitt lag.

15) 15,4-jähriger stark akzelerierter Junge mit einem ASD vom Secundumtyp. Das Shuntvolumen betrug 66 %, die Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf waren normal. Aus der Anamnese ergab sich, daß er leicht ermüdbar und dyspnoisch war, und dass bei Belastungen livide Lippen auftraten. Zeichen einer peripheren Zyanose traten auch bei uns im Arbeitsversuch auf, wobei seine Leistungsfähigkeit, sowohl als LPI als auch als PWC₁₇₀ gemessen, sehr niedrig war, besonders in Relation zur Länge (LPI: -49 %; PWC₁₇₀: -43 %), aber auch zum Alter.

16) 14,3-jähriger Junge mit einem Längenrückstand von 5 Jahren, dessen Diagnose auf ASD vom Primumtyp mit wahrscheinlich fehleinmündenden Lungenvenen lautete. Es bestand ein Links-Rechts-Shunt von 70 %, doch waren die Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf normal. Während in Relation zum Alter eine Leistungsminderung von mehr als 50 % bestand, war die Leistungsfähigkeit in Relation zu Länge und Gewicht normal.

17) Normal großer und normal schwerer Junge von 9,6 Jahren ohne Zeichen einer Zyanose mit einer Pulmonalstenose und hochsitzendem VSD. Zwischen A.pulmonalis und rechtem Ventrikel bestand ein Druckgradient von 60 mm Hg. Das Shuntvolumen betrug 65 %. Auch in diesem Fall konnte im Arbeitsversuch keine Shuntumkehr bei Belastung nachgewiesen werden. Sowohl Leistungspulsindex als auch "physical working capacity" PWC₁₇₀ waren völlig normal.

18) 9,5-jähriger, körperlich normal entwickelter Junge ohne Zeichen einer zentrale Zyanose, dessen Wangen und Fingerendglieder als Zeichen einer peripheren Zyanose (Grad 1) gerötet waren. Die Extremitäten waren jedoch gut durchblutet, der Blutdruck betrug an beiden Armen 110/70, am Bein systolisch 115 mm Hg. Es handelte sich um einen totalen AV-Kanal mit großem ASD, der, wie die Operation ergab, bis weit in das Ventrikelseptum hineinreichte. Trikuspidal- und Mitralklappe waren völlig mißgebildet. Es bestand praktisch nur eine atrioventrikuläre Klappe derart, daß die septalen Anteile völlig fehlten. In Ruhe bestand ein reiner Links-Rechts-Shunt von 50 %. Der Druck ⁱⁿ der A.pulmonalis betrug 95/50 mm Hg, doch war der Hochdruck wohl noch volumenbedingt. Die Vermutung einer Shuntumkehr bei Belastung konnte durch den Arbeitsversuch nicht bestätigt werden. Vielmehr zeigte der Junge in jeder Beziehung eine leicht erhöhte Leistungsfähigkeit.

19) 15,3-jähriges geringfügig retardiertes Mädchen ohne Zyanose mit offenem Ductus Botalli. Es bestand ein reiner Links-Rechts-Shunt in Ruhe (50 %) mit beginnender Druck-erhöhung im kleinen Kreislauf (Druck in der A. pulmonalis 43 mm Hg systolisch). Leistungspulsindex und "physical working capacity" PWC₁₇₀ waren eingeschränkt, aber noch innerhalb des Streubereiches.

20) 13-jähriger untergewichtiger Junge, bei dem die Fähigkeit zu Dauerleistungen stärker eingeschränkt war als die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen. Die Diagnose lautete auf ASD, VSD und Trikuspidalstenose. Er wies eine leichte bis mittelstarke Zyanose mit Uhrglasnägeln, jedoch keinen Trommelschlegelfingern auf. Bei Belastung trat nach Angaben der Eltern Dyspnoe und schnelle Ermüdung auf. Die Herzkatheterisierung ergab auf Ventrikelebene einen Links-Rechts-Shunt, während auf Vorhofebene als Folge der Trikuspidalstenose schon in Ruhe ein Rechts-Links-Shunt bestand, wodurch der Widerstand im kleinen Kreislauf erhöht war. Im Arbeitsversuch war die Leistungsfähigkeit in Relation zu Alter, Länge und Gewicht extrem eingeschränkt.

21) 14,7-jähriges Mädchen, das in seiner Längenentwicklung um 1 1/2 Jahre retardiert war, mit korrigierter Transposition, Trikuspidalinsuffizienz sowie großem ASD. Es bestand ein gemeinsamer Ventrikel, bzw. der linke Ventrikel war rudimentär. Eine Trennung von venösem und arteriellem Blut war kaum vorhanden. Die körperliche Leistungsfähigkeit war nach Angaben der Eltern herabgesetzt. In unserem Arbeitsversuch zeigte sich, daß die Leistungsfähigkeit mehr als 40 % unter der von Gleichaltrigen lag. Bezogen auf die körperliche Entwicklung war das Verhältnis etwas besser.

22) 13,9-jähriges Mädchen mit Fallotscher Trilogie und Größe und Gewicht eines 10-jährigen Mädchens. Durch die hochgradige valvuläre Stenose war das ostium pulmonale auf einen Durchmesser von 3 mm eingeengt, so daß der Druck im rechten Herzen höher war als im linken. Auf Vorhofebene wurde der Druckausgleich durch einen Rechts-Links-Shunt bewirkt. Während die "physical working capacity" PWC_{170} 40 % unter der Norm lag, war der Leistungspulsindex sogar um 80 % unter der Altersnorm. Bezogen auf die körperliche Entwicklung war die Dauerleistungsfähigkeit etwa 30 % unter der Norm, die Fähigkeit zu kurzfristigen Höchstleistungen dagegen nur wenig erniedrigt.

23) 12,7-jähriger Junge, der deutlich retardiert war und dessen Diagnose auf Fallotsche Tetralogie lautete. Es bestand eine zentrale Zyanose mit Trommelschlegelfingern und Uhrglasnägeln. Nach Angaben der Eltern mußte sich der Junge

nach Anstrengungen sofort hinlegen. Die Dauerleistungsfähigkeit lag mit -80 % noch mehr unter der Altersnorm als die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen. In Relation zur körperlichen Entwicklung waren die Leistungen zwar etwas besser, aber immer noch sehr schlecht.

24) Deutlich retardierter Junge von 9,9 Jahren mit zentraler und peripherer Zyanose, bei dem die Diagnose ebenfalls auf Fallotsche Tetralogie lautete. Es bestand eine enge Stenose der Pulmonalklappe mit zusätzlicher Infundibulumstenose und einer Stenose der A.pulmonalis 5 mm distal vom ostium pulmonale; der VSD hatte dagegen nur die Größe eines Zehnpfennigstückes. Im EKG waren Zeichen einer ausgeprägten Rechtshypertrophie und Druckbelastung rechts. Die Aorta war dilatiert. Der Schwere der klinischen Untersuchungsbefunde entsprach im Arbeitsversuch mehr die hochgradige Beeinträchtigung der Dauerleistungsfähigkeit (-72 % der Altersnorm) als die der Fähigkeit zu kurzdauernden Leistungen (-28 % der Altersnorm). Bezogen auf die körperliche Entwicklung waren die Ergebnisse etwas besser.

25) 16,2-jähriger leicht akzelerierter Junge mit einer Fallotschen Tetralogie, bei der jedoch die Pulmonalstenose nicht so stark ausgeprägt war, daß schon in Ruhe ein Rechts-Links-Shunt bestanden hätte. Vielmehr war der Druck im rechten Ventrikel etwas geringer als im linken. Es handelte sich also um den Typ des sogenannten "pink-Fallot". Zeichen einer Zyanose waren nur schwach ausgeprägt; sie erweckten den Eindruck einer peripheren Zyanose. Trommelschlegelfinger und Uhrglasnägel bestanden nicht. Es ist also anzunehmen, daß ein stärkerer Rechts-Links-Shunt erst bei Belastung auftrat. So erklärt sich die starke Leistungsminderung von etwa 40 %.

26) 15-jähriger etwas übergewichtiger Junge mit einer valvulären Aortenklappenstenose. Die Leistungsfähigkeit war nach Angaben der Eltern eingeschränkt. Der systolische Druckgradient an der Aortenklappe betrug 40 mm Hg, der Blutdruck peripher 100/70 mm Hg. Im Arbeitsversuch war die Leistungsfähigkeit nur geringfügig unter der Norm.

27) 11,6-jähriges schlankes Mädchen mit normaler körperlicher Entwicklung in gutem Allgemeinzustand. Es handelte sich um eine Aortenklappenstenose, wobei nur ein geringfügiger systolischer Druckgradient an der Aortenklappe bestand. Auch hier war die Leistungsfähigkeit im Arbeitsversuch nur wenig eingeschränkt.

28) 11,5-jähriger Junge, bei dem die "physical working capacity" PWC₁₇₀ gegenüber der Altersnorm um fast 40 % gesenkt war. Der "Leistungspulsindex" war sogar um 78 % gesenkt. Auch in Relation zur körperlichen Entwicklung war die Leistungsminderung beträchtlich. Es handelte sich bei diesem Jungen um eine langgestreckte, hochgradige, infundibuläre Aortenstenose mit extrem erhöhtem Druck im linken Ventrikel (300/10 mm Hg). Der Druckgradient an der Aortenklappe betrug 190 mm Hg.

29) 14,6-jähriger Junge, der einen Längenvorsprung von 3 Jahren besaß, mit einem kombinierten Aortenvitium, ohne Zeichen einer Zyanose. Das auf Grund der klinischen Befunde vermutete Überwiegen der Stenose (RR 110/90) konnte durch retrograde Sondierung der Aorta nicht bestätigt werden. Im Arbeitsversuch war seine Fähigkeit zu Dauerleistungen normal, die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen dagegen stärker eingeschränkt, besonders bei Berücksichtigung von Länge und Gewicht.

30) 8-jähriger körperlich annähernd normal entwickelter Junge mit einem kombinierten Aortenvitium, der in Ruhe keine Zeichen einer Zyanose aufwies. Der Blutdruck betrug 155/90 mm Hg, doch machte sich bei steigender Belastung zunehmend die Stenose geltend, so daß es zu einer peripheren Zyanose und dementsprechend starker Leistungsminderung kam, wobei die Fähigkeit zu Dauerleistungen noch stärker betroffen war als die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen.

31) Untergewichtiger Jungen von 10,3 Jahren mit einer isolierten valvulären Pulmonalstenose. Es bestand bei einem Druckgradienten von 90 mm Hg eine Drucküberlastung des rechten Ventrikels. Zeichen einer peripheren Zyanose waren vorhanden, doch waren die arteriellen Pulse an den typischen Stellen gut

tastbar. Dennoch bestand eine Einschränkung der Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen, während die Fähigkeit zu Dauerleistungen im Arbeitsversuch annähernd normal war.

32) Deutlich akzelerierter Junge von 14,65 Jahren mit Aortenisthmusstenose, der eine ausgezeichnete körperliche Verfassung aufwies. Der intraarteriell gemessene Blutdruck betrug in der A.brachialis 160/60 mm Hg, in der A.femoralis 110/70 mm Hg. Beim Arbeitsversuch mit kontinuierlich steigender Belastung zeigten der systolische Blutdruck und die Blutdruckamplitude bis zu einer Belastung von 8 mkp/sec keine Veränderung gegenüber den Ruhewerten, lagen aber sehr deutlich über den Meßwerten altersgleicher gesunder Kinder. Ab einer Belastung von 10 mkp/sec stieg der systolische Druck steil an und erreichte bei einer Leistung von 16 mkp/sec einen Wert von 210 mm Hg. Diese für sein Alter sehr hohe Belastung wurde von dem Jungen ohne Schwierigkeit mit einer Pulsfrequenz von 146/min ausgeführt. Seine Leistungsfähigkeit lag etwa 50 % über dem Alterssoll und war auch, bezogen auf seine körperliche Entwicklung, immer noch stark erhöht.

33) 10,8-jähriger, normal großer, aber untergewichtiger Junge mit einer Aortenisthmusstenose. Der Junge befand sich in gutem Allgemeinzustand. Der Blutdruck betrug am rechten Arm 150/90 mm Hg, am linken Arm 160/100 mm Hg, am Bein systolisch 80 mm Hg. Die "physical working capacity" PWC₁₇₀ war leicht erhöht, der Leistungspulsindex lag dagegen mehr als 30 % unter der Altersnorm.

34) 10,9-jähriger akzelerierter Junge mit einer Mitralinsuffizienz, von dem angegeben wird, er habe seit einigen Jahren leichte Atemnot beim Treppensteigen. Seine Leistungsfähigkeit war im Arbeitsversuch normal, die "physical working capacity" PWC₁₇₀ sogar deutlich erhöht.

35) 11,8-jähriger etwas kleiner Junge mit Mitralinsuffizienz, dessen Leistungsfähigkeit völlig normal war.

36) 9,9-jähriger altersgemäß entwickelter Junge mit einer Mitralinsuffizienz, bei dem eine leichte Erhöhung der Druckwerte im kleinen Kreislauf vorhanden war. Bei ihm war die Fähigkeit zu Dauerleistungen geringfügig eingeschränkt.

37) Bei einem 15,0-jährigen normal entwickelten Jungen mit einer Pericarditis constrictiva, der schon in Ruhe eine starke periphere Zyanose zeigte, war die Leistungsfähigkeit, gemessen als Leistungspulsindex, mehr als 80 % unter der Altersnorm und mehr als 50 % unter der Längen- und Gewichtsnorm. Gemessen als "physical working capacity" PWC_{170} waren die Leistungsverhältnisse nur wenig besser. Der Junge hatte alle typischen Symptome seiner Krankheit: Niedervoltage im EKG, röntgenologisch eine kaudal und ventral das Herz umschliessende Kalkspange, eine hochgradige Bewegungseinschränkung der Herzkontur im Kymogramm und eine deutliche Einflußstauung an den Halsvenen sowie starke Leber- und Milzvergrößerung.

aa) Leistungsfähigkeit und Lebensalter

Um uns einen groben Überblick über die körperliche Leistungsfähigkeit von herzkranken Kindern zu verschaffen, wurden die Werte des Leistungspulsindex und der "physical working capacity" PWC_{170} unserer Patienten zunächst mit den von RUTENFRANZ (37) angegebenen Altersnormwerten verglichen. Dabei errechneten wir die Leistungsfähigkeit als prozentuale Abweichung von der Altersnorm. Auf diese Weise ergab sich für alle von uns untersuchten Kinder im Mittel eine Verschlechterung der Dauerleistungsfähigkeit, bestimmt als Leistungspulsindex (LPI) von $-28,6 \% \pm 36,6$ und eine Verschlechterung der Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen, bestimmt als "physical working capacity" PWC_{170} , von $-15,3 \% \pm 28,5$.

Aus diesen Werten läßt sich entnehmen, daß die körperliche Leistungsfähigkeit der herzkranken Kinder zwar im Mittel unter den Normwerten ihrer gesunden Altersgenossen lag, doch deutet die nicht unerhebliche Streuung darauf hin, daß einige von den Kindern bei Berücksichtigung der Altersnorm durchaus über eine normale körperliche Leistungsfähigkeit verfügten. Um diesen Befund weiter zu analysieren, wurden darum in Abb. 1 und 2 die prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit von der Altersnorm für die einzelnen Kinder aufgetragen, wobei die verschiedenen Erkrankungen

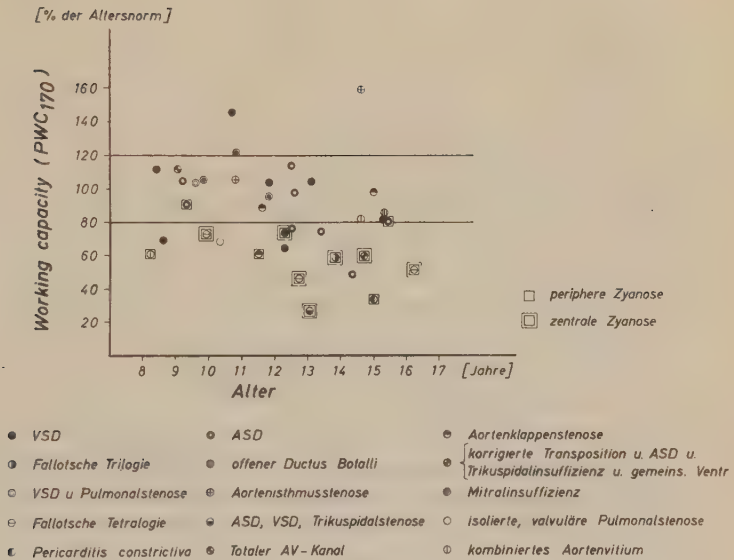


Abb. 1: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀), bezogen auf die Altersnorm, in Abhängigkeit vom Alter bei 37 Jungen und Mädchen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern

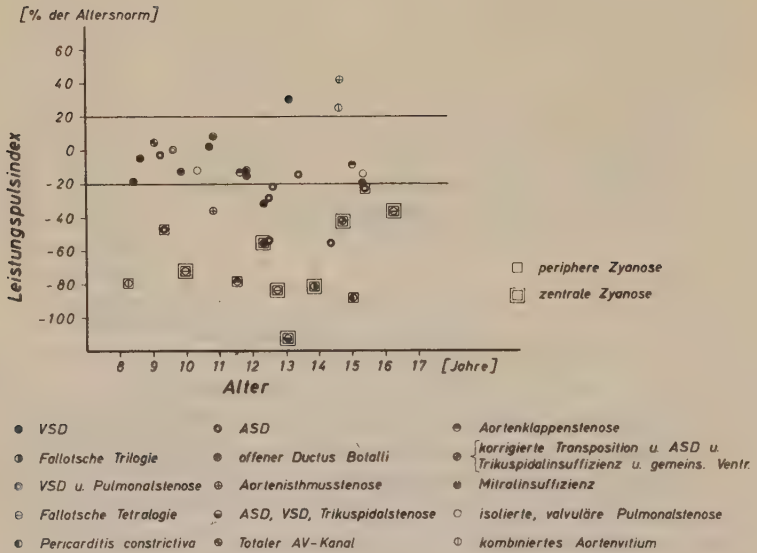


Abb. 2: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI), bezogen auf die Altersnorm, in Abhängigkeit vom Alter bei 37 Jungen und Mädchen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern

durch die in Tabelle 1 aufgeführten Symbole gekennzeichnet wurden. Wie die Abb. 1 und 2 erkennen lassen, ergibt sich bei einer solchen Ordnung unseres Untersuchungsgutes zunächst ein schwer durchschaubares Bild. So wiesen Kinder mit recht unterschiedlichen angeborenen oder erworbenen Herzfehlern eine durchschnittliche, gute oder sehr herabgesetzte Leistungsfähigkeit auf. Auffällig ist jedoch, daß die Zahl der hinsichtlich ihrer körperlichen Leistung über dem Durchschnitt liegenden Kinder sehr gering, die der unter der Altersnorm liegenden Kinder dagegen relativ groß war. Außerdem läßt sich erkennen, daß ab dem Alter von etwa 12 Jahren in unserem Krankengut vermehrt Kinder mit einer besonders schlechten körperlichen Leistungsfähigkeit vorkamen, während nur 3 Kinder mit einer Aortenisthmusstenose, einem kombinierten Herzvitium und einem Ventrikelseptumdefekt im Sinne eines Morbus Roger in diesem Alter noch über eine über dem Alterssoll liegende körperliche Leistungsfähigkeit verfügten. Generell läßt sich darum zunächst nur feststellen, daß die körperliche Leistungsfähigkeit unserer herzkranken Kinder unabhängig von der Diagnose im Mittel schlechter war als die ihrer Altersgenossen, wobei diese Verschlechterung mit zunehmendem Alter zuzunehmen scheint.

Will man nun diese allgemeine Aussage weiter aufschlüsseln, dann empfiehlt es sich zunächst, zwischen Herzfehlern mit und ohne Zyanose zu unterscheiden. Aus diesem Grunde wurde in Abb. 1 und 2 besonders gekennzeichnet, wenn bei einem Kind in Ruhe oder bei Belastung eine zentrale oder periphere Zyanose bestand. Wie die Abbildungen erkennen lassen, wiesen die von uns untersuchten Kinder mit Zyanose fast ausnahmslos eine sehr deutliche Verminderung ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit auf. Dabei betrug die durchschnittliche Minderung des Leistungsverhaltens bezüglich der Dauerleistungsfähigkeit -66,6 %, bezüglich der Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen -40,5 %. Die Differenz der Mittelwerte der Leistungsminderung zwischen Kindern mit und ohne Zyanose erwies sich bei der Prüfung mit Hilfe der t-Funktion als "sehr signifikant" (s. Tab. 4).

Tab. 4: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Alterssoll bei 37 Kindern mit 12 zyanotischen und 25 azyanotischen Herzvitien. (Prüfung der Mittelwertdifferenz mit Hilfe der t-Funktion)

	zyanotische Vitien			Diff.	azyanotische Vitien		
	AM [%]	σ	n		AM [%]	σ	n
LPI	-66,57	$\pm 25,24$	12	56,27 ^{xx}	-10,3	$\pm 22,9$	25
PWC ₁₇₀	-40,53	$\pm 18,43$	12	37,29 ^{xx}	- 3,24	$\pm 24,5$	25

Bei den 12 herzkranken Kindern mit Zyanose handelt es sich in 7 Fällen um eine zentrale Zyanose. Diese bestand in 5 Fällen schon in Ruhe, und zwar bei einem Mädchen mit korrigierter Transposition [s. Tab. 3: 21], einem Mädchen mit Fallotscher Trilogie [22], zwei Jungen mit Fallotscher Tetralogie [23, 24] und bei einem Jungen mit ASD und VSD, bei dem auf Vorhofebene, bedingt durch eine zusätzliche Trikuspidalstenose, ein Rechts-Links-Shunt bestand [20]. In zwei Fällen trat die zentrale Zyanose erst bei Belastung auf, und zwar bei einem Jungen mit pink-Fallot, bei dem in Ruhe wegen der nur geringgradigen Pulmonalstenose kein nennenswerter Rechts-Links-Shunt bestand [25], und bei einem Mädchen mit einem VSD vom Eisenmengertyp, bei dem eine mäßig starke Belastungszyanose auftrat [4]. In 5 Fällen war die Zyanose peripher, und zwar bestand sie bei einem Jungen mit Pericarditis constrictiva schon in Ruhe [37]; ebenso war das Großkreislaufvolumen bei zwei Jungen mit Vorhofseptumdefekt, die beide ein Shuntvolumen von mehr als 60 % aufwiesen, schon in Ruhe so gering, daß beide Zeichen einer mäßigen peripheren Zyanose zeigten [13, 15]. Bei einem Jungen mit hochgradiger Aortenstenose trat bei Belastung eine periphere Zyanose auf [28], ebenso bei einem Jungen mit kombiniertem Aorten-vitium [30].

Von den 12 Kindern mit Zyanose waren 8 älter als 11 Jahre, so daß die stärkere Herabminderung der Leistungsfähigkeit in zunehmendem Alter, wie bei Ansicht der Abbildungen 1 und 2 auffällt, wahrscheinlich hauptsächlich durch das in unserem Untersuchungsgut zufällig in der höheren Altersgruppe vermehrte Vorkommen von zyanotischen Herzfehlern erklärt wird.

Um zu prüfen, ob zwischen unseren jüngeren und älteren Kindern auch noch eine statistisch nachweisbare Leistungs-differenz vorlag, wenn die Fälle mit zyanotischen Vitien unberücksichtigt blieben, bildeten wir aus den Fällen mit azyanotischen Vitien 2 Altersgruppen von 8-11 und von 12-16 Jahren und prüften die Mittelwerte der Leistungsabweichungen mit Hilfe der t-Funktion. Es ergab sich dabei, daß zwar rein zahlenmäßig ein mittlerer Leistungsabfall von der jüngeren zur älteren Gruppe vorhanden war, doch lag die Differenz im Zufallsbereich (s. Tab. 5).

Tab. 5: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Alterssoll bei 8-11-jährigen und 12-16-jährigen Kindern mit verschiedenen azyanotischen Herzvitien.
(Prüfung der Mittelwertdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion)

	8-11-jährige Kinder mit azyanotischen Vitien			Diff.	12-16-jährige Kinder mit azyanotischen Vitien		
	AM [%]	σ	n		AM [%]	σ	n
LPI	-8,33	$\pm 11,8$	13	4,14 ⁽¹⁾	-12,47	$\pm 23,4$	12
FWC ₁₇₀	+2,73	$\pm 20,3$	13	12,54 ⁽¹⁾	- 9,81	$\pm 28,0$	12

In den beiden Gruppen war die Verteilung der Vitien folgende:
In der Gruppe der 8-11-Jährigen: 6 Herzfehler mit Links-Rechts-Shunt, und zwar ein ASD [12], 4 Fälle von VSD [3,5,6,8], ein AV-Kanal [18]; in der Gruppe der 12-16-Jährigen 9 Herzfehler mit Links-Rechts-Shunt, und zwar 5 Fälle von ASD [9,10,11,14,16], drei Fälle von VSD [1,2,7], ein offener Ductus Botalli [19]. In den beiden Gruppen gab es je einen Fall von Aortenklappenstenose und Aortenisthmusstenose.

Ausserdem gehörten zur Gruppe der jüngeren ein VSD mit zusätzlicher Pulmonalstenose, eine isolierte valvuläre Pulmonalstenose und 3 Fälle von Mitralinsuffizienz, zur Gruppe der älteren Kinder noch ein Fall eines kombinierten Aortenvitiums.

In den beiden Altersgruppen, die wir auf diese Weise gebildet hatten, waren in überwiegenderem Maße Fälle mit Links-Rechts-Shunt vertreten. Da die Fälle mit Links-Rechts-Shunt die größte einheitliche Gruppe in unserem Krankengut waren, wenn man davon absieht, ob der Shunt auf Vorhof-, Ventrikel- oder Gefäßebene erfolgt, schien es uns sinnvoll zu prüfen, ob nicht an ihnen bei Einteilung in zwei Altersgruppen eine mit dem Alter zunehmende Leistungsminderung nachzuweisen war.

Wir bezogen dabei auch die drei Fälle mit mäßiger peripherer Zyanose bzw. Belastungszyanose in die Gruppe ein, die bei der oben in paralleler Weise erfolgten Einteilung der azyanotischen Vitien unberücksichtigt geblieben waren. Auf diese Weise ergab sich wieder eine Gruppe von 8-11-Jährigen mit insgesamt 7 Fällen, davon 4 Fälle von VSD [3,4,6,8], zwei von ASD [12,13] und ein AV-Kanal [8]. In der Gruppe der 12-16-Jährigen waren diesmal 11 Kinder vertreten, davon 4 Fälle von VSD [1,2,5,7], 6 von ASD [9,10,11,14,15,16] und ein offener Ductus Botalli [19].

Wie Tab. 6 zeigt, war die Differenz zwischen den Mittelwerten der Leistungsminderung bei dieser Beschränkung auf Fälle mit Links-Rechts-Shunt erheblich größer als bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Fälle ohne Shunt. Trotz der geringen Anzahl der Fälle konnten wir, wie Tab. 6 zeigt, nachweisen, daß die Mittelwertdifferenz bei der Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen, gemessen als PWC₁₇₀, "wahrscheinlich signifikant" war. Während nämlich die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen bei den 8-11-Jährigen sogar im Mittel etwas besser war als bei gesunden Gleichaltrigen, lag die Gruppe der 12-16-Jährigen mit ihrer mittleren Leistung in der Nähe der unteren Grenze der einfachen Streubreite gesunder Altersgenossen. Was die Fähigkeit zu Dauerleistungen angeht, so war hier die Leistungsdifferenz

Tab. 6: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Alterssoll bei 8-11-jährigen und bei 12-16-jährigen herzkranken Kindern mit Links-Rechts-Shunt.
(Prüfung der Mittelwertdifferenz mit Hilfe der t-Funktion)

	8-11-jährige Kinder mit Links-Rechts-Shunt			Diff.	12-16-jährige Kinder mit Links-Rechts-Shunt		
	AM [%]	σ	n		AM [%]	σ	n
LPI	-11,2	$\pm 17,9$	7	14,8 ⁽¹⁾	-26,0	$\pm 24,8$	11
PWC ₁₇₀	+ 5,3	$\pm 23,2$	7	23,7 ^{(1)x}	-18,4	$\pm 18,4$	11

beider Gruppen zwar zahlenmäßig offensichtlich, aber "nicht signifikant", was wohl, abgesehen von der beschränkten Größe des Untersuchungsgutes, darauf zurückzuführen ist, daß die Dauerleistungsfähigkeit auch schon bei 8-11-Jährigen im Mittel erheblich eingeschränkt war.

bb) Leistungsfähigkeit und körperliche Entwicklung

Bei der Prüfung des Entwicklungsstandes der von uns untersuchten Kinder mit Hilfe der Somatogramme von VOGT (43) und HELLBRÜGGE und VOGT (16) ergab sich als durchschnittliche prozentuale Abweichung von der Alterssoll-Länge der geringfügige Wert von -0,16 %, wobei 19 Fälle unter der Normlagen und 18 darüber. Immerhin waren von den 16 Kindern, deren Leistungen - wie Abb. 1 zeigt - um mehr als 20 % unter der Altersnorm lagen, 8 erheblich retardiert, während von denen, deren Leistungen über der Altersnorm lagen, 5 deutlich akzeleriert waren. Es war deshalb anzunehmen, daß bei Beziehung der Leistung auf die körperliche Entwicklung, unabhängig davon, inwieweit der Entwicklungsstand im einzelnen von der Art und dem Ausmaß des Herzfehlers beeinflusst war, ein teilweise verändertes Bild von der Leistungsfähigkeit der von uns untersuchten Kinder entstehen würde.

Darüber hinaus muß auch berücksichtigt werden, daß die Standardwerte der Leistungsfähigkeit, von denen wir bei der Bewertung der Ergebnisse von herzkranken Kindern ausgingen,

an auswahlfreien Jungen und Mädchen ermittelt worden sind, die nach dem Somatogramm von VOGT (43) einen sicheren durchschnittlichen Längenvorsprung aufwiesen, und zwar lag der arithmetische Mittelwert bei einem großen Teil der untersuchten Jahrgänge besonders der Jungen in der Nähe des einfachen oberen Streubereiches der Somatogrammwerte nach VOGT (43). Da die von RUTENFRANZ (37) gewonnenen Normwerte über die Leistungsfähigkeit Jugendlicher aus Untersuchungen während der Jahre 1957-1961 stammen, die VOGTschen Somatogramme dagegen auf Grund von Untersuchungen aus dem Jahre 1953 entstanden, muß angenommen werden, daß nach dem heutigen Stand der Akzeleration die von uns untersuchten herzkranken Kinder im Durchschnitt einen größeren Längen- und Gewichtsrückstand haben, als sich aus den VOGTschen Somatogrammen ergibt. Das ist die Erklärung dafür, daß die Leistungsfähigkeit unserer herzkranken Kinder, bezogen auf Länge, Gewicht und Körperoberfläche, im Durchschnitt wesentlich besser ist als bei Bezug auf das Alter der Probanden.

Beim Vergleich mit den von RUTENFRANZ (37) angegebenen Längen- bzw. Gewichtsnormwerten ergab sich für alle von uns untersuchten Kinder im Mittel eine Verschlechterung der Dauerleistungsfähigkeit, bestimmt als LPI, von -17,2 % bzw. -15,6 % und eine Verschlechterung der Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen, bestimmt als PWC₁₇₀, von -4,1 % bzw. -9,4 %.

Es zeigt sich also hier ebenso wie beim Vergleich mit den Altersnormwerten, daß im Mittel die Dauerleistungsfähigkeit stärker beeinträchtigt ist als die Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen, doch ist die Leistungsminderung im allgemeinen bei Bezug auf Länge und Gewicht im Mittel wesentlich geringer als bei Bezug auf das Alter. 9 bzw. 11 von 37 Kindern lagen über den Normwerten des Leistungspulsindex, 16 bzw. 15 lagen über den Normwerten der "physical working capacity" PWC₁₇₀.

Bei der Aufteilung unseres Untersuchungsgutes in Fälle mit zyanotischen und azyanotischen Vitien ergab sich, wie Tab. 7 zeigt, daß die Dauerleistungsfähigkeit der Kinder mit azyanotischen Vitien im Mittel nur geringfügig eingeschränkt

Tab. 7: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Längen- und Gewichts-soll bei 37 Kindern mit 12 zyanotischen und 25 azyanotischen Vitien.
(Prüfung der Mittelwertdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion)

		zyanotische Vitien			Diff.	azyanotische Vitien		
		AM[%]	σ	n		AM[%]	σ	n
Längen-soll	LPI	-44,57	$\pm 25,3$	12	40,59 ^{xx}	-3,98	$\pm 17,7$	25
	PWC ₁₇₀	-25,25	$\pm 32,0$	12	31,37 ^x	+6,12	$\pm 24,6$	25
Gew.-soll	LPI	-41,14	$\pm 20,6$	12	37,81 ^{xx}	-3,33	$\pm 17,8$	25
	PWC ₁₇₀	-28,79	$\pm 21,9$	12	28,71 ^{xx}	-0,08	$\pm 21,7$	25

war, während die Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen, gemessen an den Längennormen, bei ihnen im Mittel sogar überdurchschnittlich war. Wie aus der Tab. 7 hervorgeht, waren die Mittelwertdifferenzen zwischen zyanotischen und azyanotischen Fällen "sehr signifikant" bzw. "signifikant".

Um die "physical working capacity" PWC₁₇₀ und die Leistungspulsindex im Verhältnis zur körperlichen Entwicklung allgemein erfassen zu können, schien uns die Berücksichtigung der Körperoberfläche als Maß der körperlichen Entwicklung am besten geeignet. Deshalb haben wir, wie eingangs näher beschrieben (S.24) für Jungen und Mädchen getrennt, aus den Werten von auswahlfreien, gesunden Kindern im Alter von 8-15 Jahren die Regressionslinien zwischen "physical working capacity" PWC₁₇₀ und Körperoberfläche einerseits und zwischen Leistungspulsindex und Körperoberfläche andererseits berechnet. Auch die Standardabweichungen der Regressionslinien und die Perzentile innerhalb des 2 σ -Bereiches wurden bestimmt. Die Regressionslinien zwischen Körperoberfläche und "physical working capacity" PWC₁₇₀ wurden aus den Werten von 310 Jungen und 280 Mädchen bestimmt (s. Abb. 3 und 5), die Regressionslinien zwischen Körperoberfläche und Leistungspulsindex ebenso (s. Abb. 4 und 6). In die Abbildungen sind auch die Perzentile eingetragen. Hohe Perzentile bedeuten dabei eine gute, niedrige eine schlechte Leistungsfähigkeit, wobei der Bereich vom 20.-80. Perzentil als "normal" angesehen werden muß.

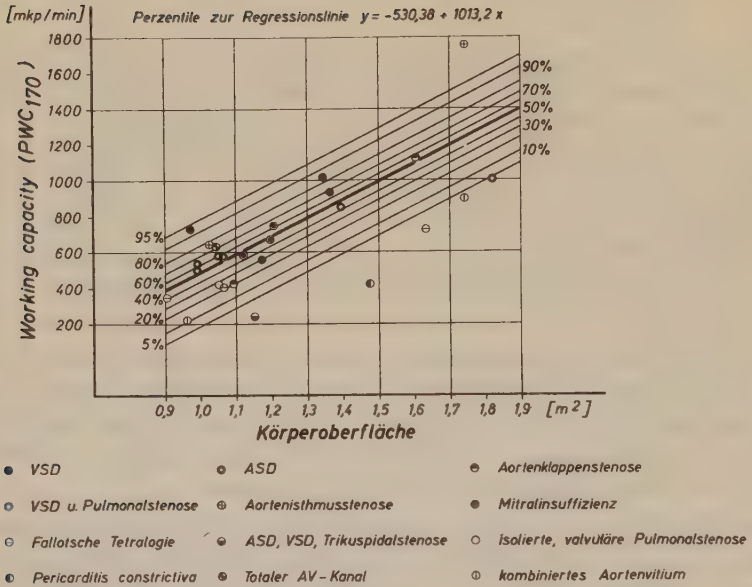


Abb. 3: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀), bezogen auf die Körperoberfläche bei 26 Jungen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern

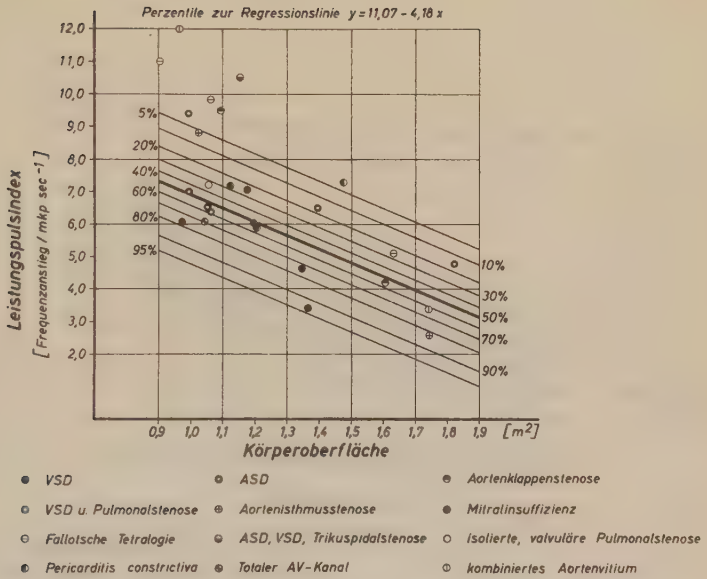


Abb. 4: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI), bezogen auf die Körperoberfläche bei 26 Jungen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern

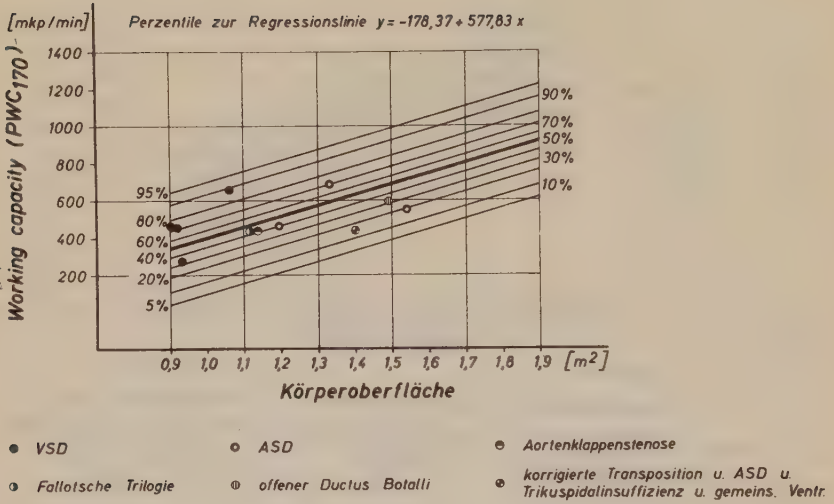


Abb. 5: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀), bezogen auf die Körperoberfläche bei 11 Mädchen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern

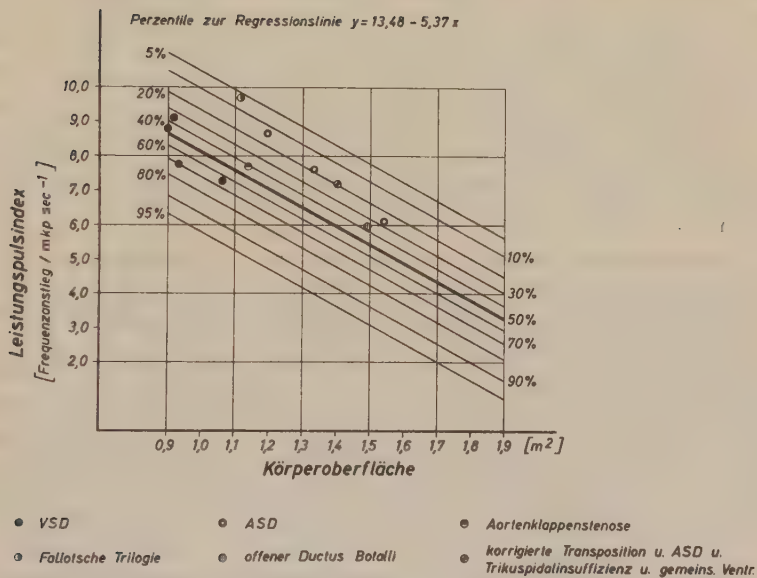


Abb. 6: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI), bezogen auf die Körperoberfläche bei 11 Mädchen mit angeborenen oder erworbenen Herzfehlern

In Abb. 3 ist das Verhalten der "physical working capacity" PWC_{170} in Abhängigkeit von der Körperoberfläche bei 26 herzkranken Jungen dargestellt und mit den Verhältnissen bei gesunden Kindern gleichen Alters und gleicher Körperoberfläche verglichen. Es fällt auf, daß nur 14 herzkranken Kinder unter dem Durchschnitt gesunder Kinder gleicher Körperoberfläche liegen, 12 dagegen darüber. Nimmt man einen Bereich zwischen dem 20. und 80. Perzentil als Normalbereich an, so liegen in diesem Bereich, der ungefähr der einfachen Streubreite entspricht, 17 Kinder, darunter auch 2 Fälle mit Fallotscher Tetralogie, deren Dauerleistungsfähigkeit allerdings, wie unten besprochen wird, erheblich eingeschränkt ist. Nur 6 Fälle liegen, zum Teil erheblich, unterhalb der einfachen Streubreite, 3 Fälle sogar darüber.

Um die Verhältnisse genauer zu analysieren, errechneten wir den Mittelwert der Perzentile für verschiedene Gruppierungen, um damit die Abweichung von der Regressionslinie gesunder Kinder zu kennzeichnen. Bei der Berechnung lag die mittlere "physical working capacity" PWC_{170} aller untersuchten herzkranken Jungen im 43. Perzentil, war also etwas schlechter als dem Durchschnitt der Gesunden entsprach. Deutliche Differenzen ergaben sich jedoch, wenn man Gruppen von zyanotischen und azyanotischen Kindern bildete. So lag die mittlere PWC_{170} bei 9 Jungen mit zyanotischen Vitien beim 17. Perzentil, also sehr niedrig, während die PWC_{170} der Kinder mit azyanotischen Herzvitien im Mittel beim 57. Perzentil, also etwas erhöht, war. Auch das mittlere Perzentil der 10 Fälle mit Links-Rechts-Shunt liegt über dem Durchschnitt, nämlich beim 57. Perzentil.

In Abb. 4 ist in gleicher Weise das Verhalten des Leistungs-pulsindex in Abhängigkeit von der Körperoberfläche bei denselben Jungen dargestellt. Hier lagen 11 Jungen über dem Durchschnitt, dagegen 15 darunter. 14 Jungen lagen mit ihrer Dauerleistungsfähigkeit im Normalbereich zwischen dem 20. und 80. Perzentil, 2 lagen über dem 80. Perzentil, 10 unter dem 20. Perzentil, davon 8 mit zentraler oder peripherer Zyanose. Der mittlere Leistungspulsindex aller untersuchten Jungen lag beim 36. Perzentil, von 9 Jungen mit zentraler oder peripherer Zyanose beim 5. Perzentil, von 17 Jungen mit azyanotischen Vitien beim 52. Perzentil und von 10 Fällen mit Links-Rechts-Shunt beim 47. Perzentil.

Vergleicht man Abb. 3 mit Abb. 4, so erkennt man, daß die Werte von 10 Jungen in beiden Abbildungen zwischen dem 20. und 80. Perzentil liegen, also in den Normalbereich fallen. Es sind dies die 3 Fälle von Mitralinsuffizienz, deren Leistungsfähigkeit auch altersgemäß war [s.Tab. 3: 34, 35, 36], ein VSD [2], 2 Fälle von ASD [16, 12], ein Fall von VSD + Pulmonalstenose [17], ein Fall mit totalem AV-Kanal [18] und ein Fall mit Aortenklappenstenose [26].

In einem Fall waren sowohl die "physical working capacity" PWC_{170} als auch der Leistungspulsindex deutlich über der Norm. Es handelte sich um eine Aortenisthmusstenose [32]. In zwei Fällen von VSD [7, 8] war der LPI noch im Bereich der Norm, wenn auch deutlich erhöht, dagegen lag die PWC_{170} sogar über dem 80. Perzentil. In einem anderen Fall von VSD [1] war umgekehrt die PWC_{170} nur leicht erhöht, während der LPI über dem 80. Perzentil lag.

Bei insgesamt 14 von 26 Jungen war also die Leistungsfähigkeit, bezogen auf die Körperoberfläche, normal, oder Leistungspulsindex oder "physical working capacity" PWC_{170} oder bei beiden waren sogar über das 80. Perzentil hinaus erhöht. Es sind dies zusammengefaßt 4 Fälle von VSD, 2 Fälle von ASD, 3 Fälle von Mitralinsuffizienz, eine Aortenisthmusstenose, ein VSD + Pulmonalstenose, eine isolierte valvuläre Pulmonalstenose, eine Aortenklappenstenose und 1 AV-Kanal.

In zwei Fällen, und zwar einem kombinierten Aortenvitium [29] und einer Fallotschen Tetralogie [25] war zwar die Dauerleistungsfähigkeit im Normalbereich, wenn auch im Fall der Tetralogie schon deutlich eingeschränkt, dagegen lag die "physical working capacity" PWC_{170} als Maß der Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen unterhalb des 5. Perzentils. Umgekehrt lag in 6 Fällen der Leistungspulsindex unterhalb des 20. Perzentils, in 4 Fällen davon sogar unter dem 5. Perzentil, während die "physical working capacity" PWC_{170} noch im Normalbereich lag. Es handelte sich dabei um zwei Fälle von ASD [9, 13], zwei Fälle von Fallotscher Tetralogie [23, 24], einen Fall von Aortenisthmusstenose [33] und eine Aortenklappenstenose [28]. Bei der Aortenklappenstenose und in einem der beiden Fälle von Fallotscher Tetralogie war dabei auch die "physical working capacity" PWC_{170} nur knapp über dem 20. Perzentil.

Nur in 4 Fällen lagen sowohl die PWC_{170} als auch der LPI unter dem 20. Perzentil. Es handelte sich um ein kombiniertes Aortenvitium [30], ein kombiniertes Vitium mit ASD, VSD und Trikuspidalstenose [20], eine Pericarditis constrictiva [37] und einen ASD [15]. Bei dem Panzerherz und dem kombinierten Vitium lagen sowohl LPI als auch PWC_{170} unter dem 5. Perzentil.

In Abb. 5 ist das Verhalten der Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen (gemessen als PWC_{170}) in Abhängigkeit von der Körperoberfläche bei 11 herzkranken Mädchen dargestellt und mit den Verhältnissen gesunder Kinder verglichen. 7 Mädchen lagen unter dem Durchschnitt gesunder Mädchen gleicher Körperoberfläche, 4 darüber. 8 Fälle lagen zwischen dem 20. und 80. Perzentil, ein VSD zwischen dem 80. und 90. Perzentil, ein ASD und eine korrigierte Transposition zwischen dem 10. und 20. Perzentil. Die mittlere "physical working capacity" PWC_{170} aller untersuchten herzkranken Mädchen lag beim 48. Perzentil, die mittlere PWC_{170} der acht Mädchen mit Links-Rechts-Shunt beim 53. Perzentil.

In Abb. 6 ist das Verhalten des Leistungspulsindex in Abhängigkeit von der Körperoberfläche bei denselben Mädchen dargestellt, ebenfalls verglichen mit gesunden Mädchen. 9 lagen unterhalb des 50. Perzentils, nur 2 darüber. Zwischen dem 20. und 80. Perzentil lagen 7 Fälle, 4 dagegen unterhalb des 20. Perzentils, und zwar 2 Fälle von ASD, eine korrigierte Transposition und eine Fallotsche Trilogie. Der mittlere Leistungspulsindex aller Mädchen lag beim 35. Perzentil, der mittlere Leistungspulsindex von 8 Mädchen mit Links-Rechts-Shunt beim 39. Perzentil.

Vergleicht man Abb. 5 mit Abb. 6, so erkennt man, daß die Werte von 5 Mädchen in beiden Abbildungen zwischen dem 20. und dem 80. Perzentil lagen. Es handelte sich um 3 Fälle von VSD [3, 4, 6], eine Aortenklappenstenose [27], einen offenen Ductus Botalli [19]. In einem Fall von VSD [5] war die Dauerleistungsfähigkeit, gemessen als LPI, sogar beim 88. Perzentil, während die PWC_{170} nur gering erhöht war. In insgesamt 6 von 11 Fällen war also die Leistungsfähigkeit, gemessen an der Körperoberfläche, nicht oder nur geringfügig eingeschränkt.

Bei einem Mädchen mit ASD war die Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen überdurchschnittlich, dagegen lag die Dauerleistungsfähigkeit unter dem 20. Perzentil.

Bei einem Mädchen mit ASD [1] war die Dauerleistungsfähigkeit zwar gesenkt, aber noch durchschnittlich, dagegen die Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen unterhalb des 20. Perzentils. Umgekehrt war bei zwei Mädchen mit ASD [10] und Fallotscher Trilogie [22] die Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen nur wenig vermindert, dagegen die Dauerleistungsfähigkeit unter dem 20. bzw. 10. Perzentil.

Nur im Falle des Mädchens mit einer korrigierten Transposition [21] waren sowohl Dauerleistungsfähigkeit wie auch die Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen herabgesetzt.

Wie wir gesehen haben, lag die mittlere PWC_{170} der Jungen mit Herzvitien beim 43. Perzentil, ihr mittlerer LPI beim 36. Perzentil. Für die Mädchen waren die entsprechenden Perzentile das 48. und das 35. Es zeigt sich also, daß sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen die Dauerleistungsfähigkeit stärker eingeschränkt war als die Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen.

Dies sieht man auch, allerdings nicht so ausgeprägt, wenn man nur die einheitliche Gruppe der Vitien mit Links-Rechts-Shunt berücksichtigt. Hier lag die mittlere PWC_{170} der Jungen im 57. Perzentil, die der Mädchen im 53. Perzentil; der mittlere Leistungspulsindex der Jungen mit Links-Rechts-Shunt befand sich im 47. Perzentil, der der Mädchen im 39. Perzentil.

Faßt man die Ergebnisse von Jungen und Mädchen mit Links-Rechts-Shunt zusammen, so lag das Mittel der PWC_{170} beim 55. Perzentil, das Mittel des LPI beim 44. Perzentil. Die Fähigkeit zu kurzdauernden Höchstleistungen war also im Mittel bei dieser Gruppe sogar leicht erhöht, die Fähigkeit zu Dauerleistungen dagegen herabgesetzt.

Es ist bekannt, daß bei Herzfehlern mit Links-Rechts-Shunt zuerst bei Belastung und dann auch in Ruhe Shunt-Umkehr einsetzt, wenn sich im kleinen Kreislauf eine Widerstandshypertonie entwickelt hat. Man spricht von der Eisenmenger-

reaktion. Sie ist immer mit einer starken Leistungsminderung verbunden. Dieser Reaktion geht ein Stadium voraus, in der der Links-Rechts-Shunt allmählich kleiner wird, während der Druck in der A.pulmonalis zunimmt, ohne daß es schon zu einer Shuntumkehr kommt. Es ist nun die Frage, ob auch schon bei beginnender leichter Druckerhöhung im kleinen Kreislauf, lange vor Eintritt der Shuntumkehr, die Leistungsfähigkeit herabgesetzt ist.

Zur Prüfung dieser Frage trugen wir von unseren 18 Fällen diejenigen mit einem Shunt von mehr als 33 %, das waren 14 Fälle, in ein Diagramm ein, in welchem wir eine Beziehung herstellten zwischen PWC_{170} und der Höhe des systolischen Drucks in der A.pulmonalis (s. Abb. 7). Ebenso setzten wir den LPI in Beziehung zur Druckerhöhung in der A.pulmonalis (s. Abb. 8).

In 6 Fällen betrug der systolische Druck in der A.pulmonalis bis zu 30 mm Hg. In diesen Fällen war das mittlere Perzentil der PWC_{170} das 42., das des LPI das 30. In 7 Fällen war der systolische Druck in der A.pulmonalis auf Werte zwischen 30 und 60 mm Hg erhöht. Das mittlere Perzentil der PWC_{170} dieser 7 Fälle mit beginnender Druckerhöhung im kleinen Kreislauf war das 62., das mittlere Perzentil des LPI das 42. In einem Fall betrug der Druck in der A.pulmonalis 95 mm Hg, die PWC_{170} lag beim 70. Perzentil, war also überdurchschnittlich, der LPI ebenso. Es handelte sich in diesem Fall um einen gerade 9-jährigen Jungen, bei dem trotz dieses schon beträchtlich erhöhten Druckes wider Erwarten bei Belastung keine Shuntumkehr erfolgte.

Wir haben in der Tab. 8 den oben aufgeführten mittleren Perzentilen die entsprechenden Alters- und Shuntvolumen-Mittelwerte gegenübergestellt. Wie man sieht, ist die Leistungsfähigkeit bei den Fällen mit beginnender Druckerhöhung besser als bei denen mit normalen Druckwerten in der A.pulmonalis, ohne daß sich dafür eine Erklärung in einem geringeren Shuntvolumen in Ruhe oder einem wesentlich niedrigeren Durchschnittsalter zeigte. Immerhin wäre es möglich, daß bei leichter Druckerhöhung im kleinen Kreis-

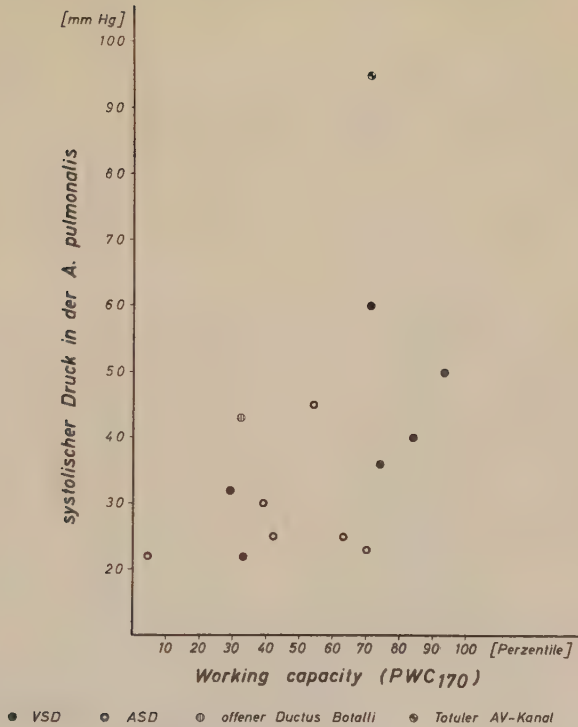


Abb. 7: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀), bezogen auf den systolischen Druck in der A.pulmonalis bei 14 Jungen und Mädchen mit angeborenen Shuntvitien (Links-Rechts-Shunt $> 33\%$ bzw. $\frac{Q_P}{Q_S} > 1,5$)

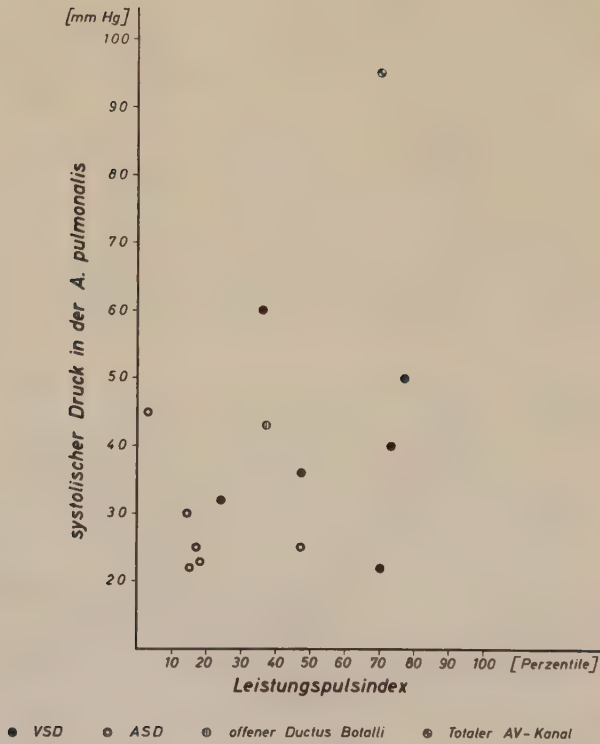


Abb. 8: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI) und systolischer Druck in der A.pulmonalis bei 14 Jungen und Mädchen mit angeborenen Shuntvitien (Links-Rechts-Shunt $> 33\%$ bzw. $\frac{Q_P}{Q_S} > 1,5$)

Tab. 8: Körperliche Leistungsfähigkeit von Kindern mit Shuntvitien, eingeteilt nach dem systolischen Druck in der A.pulmonalis, mit Angaben über Shuntvolumen und Alter.

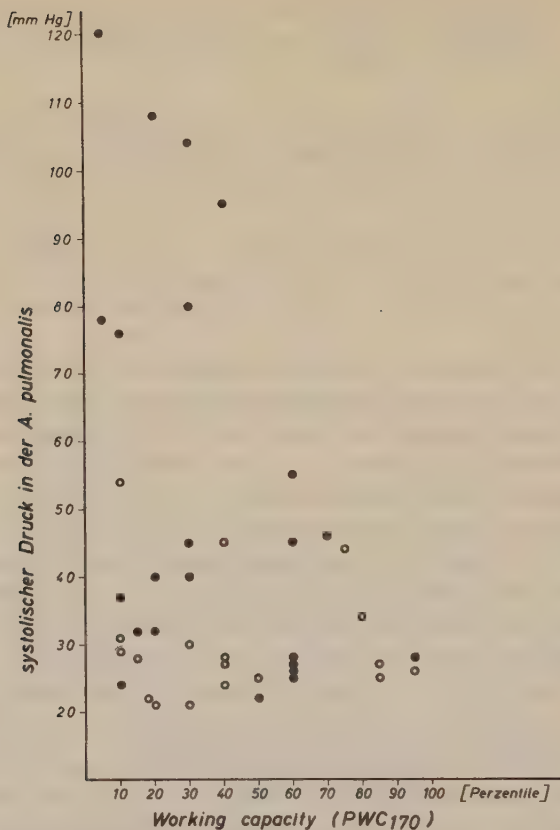
syst. Druck in A.pulmonalis	n	LPI mittleres Perzentil	PWC ₁₇₀ mittleres Perzentil	mittleres Alter	mittleres Shunt- volumen
bis 30 mm Hg	6	30,2	41,9	12,7	51 %
bis 60 mm Hg	7	42,4	62,0	12,1	50 %

lauf unter Belastung das Shuntvolumen verringert würde, ohne daß es zur Shuntumkehr kommen würde, womit die Kreislaufverhältnisse rationeller würden und die Leistungsfähigkeit sich verbesserte. Andererseits ist unser Untersuchungsgut zahlenmässig zu gering, als daß wir ein zufälliges Zustandekommen dieses Ergebnisses ausschliessen könnten. Jedoch befinden wir uns in diesem Punkt jedenfalls in Widerspruch zu DUFFIE und ADAMS (13), die schon bei leichter Druckerhöhung im kleinen Kreislauf im Durchschnitt eine Abnahme der Leistungsfähigkeit feststellten, allerdings den Ausschluß des Zufalls mit statistischen Mitteln unterließen.

In Abb. 9 stellen wir darum unserer Abb. 7 die entsprechenden Werte von DUFFIE und ADAMS (13) gegenüber. An den in dieser Abbildung wiedergegebenen Werten holten wir die von DUFFIE und ADAMS (13) unterlassene Signifikanzprüfung nach. Wie Tab. 9 zeigt, war die Differenz der Mittelwerte zwischen Shuntvitien mit Druckwerten bis zu 30 mm Hg und solchen mit Druckwerten bis zu 60 mm Hg "nicht signifikant".

Tab. 9: Mittlere Perzentile der PWC₁₇₀ von Kindern mit Links-Rechts-Shunt (aus Abb. 9 nach DUFFIE und ADAMS (13)), eingeteilt nach Höhe des systolischen Drucks in der A.pulmonalis.
(Prüfung der Mittelwertdifferenz mit Hilfe der t-Funktion)

bis 30 mm Hg			Diff.	bis 60 mm Hg		
AM [%]	σ	n		AM [%]	σ	n
47,6	$\pm 27,2$	20	9,8 ⁽¹⁾	37,8	$\pm 25,3$	14



● VSD ○ ASD

Abb. 9: (nach DUFFIE und ADAMS) Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC_{170}) und systolischer Druck in der A.pulmonalis bei 41 Jungen und Mädchen mit angeborenen Shuntvitien (Links-Rechts-Shunt $> 33\%$ bzw. $\frac{Q_p}{Q_s} > 1,5$)

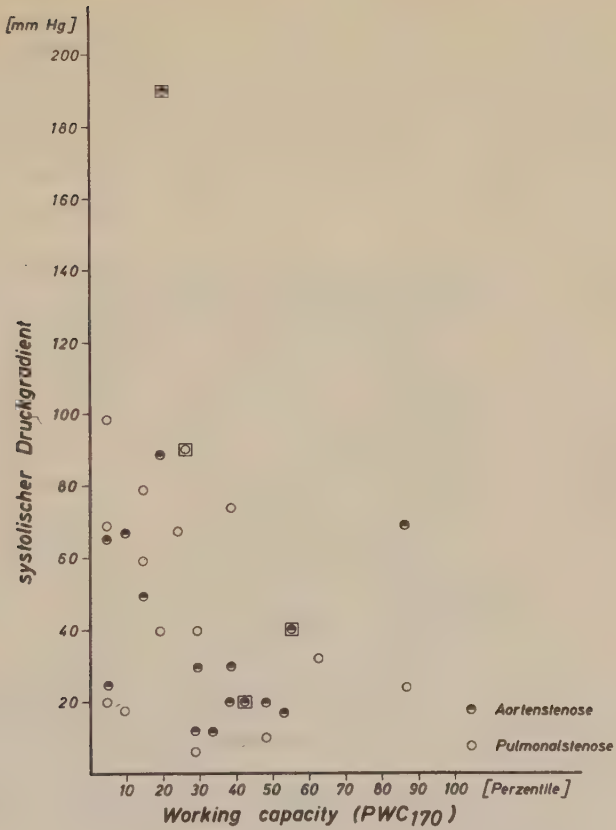


Abb. 10: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀) und Druckgradient an der Pulmonalklappe bei 31 Jungen und Mädchen mit stenotischen Herzvitalen (nach DUFFIE und ADAMS) bzw. eigenen Untersuchungen)

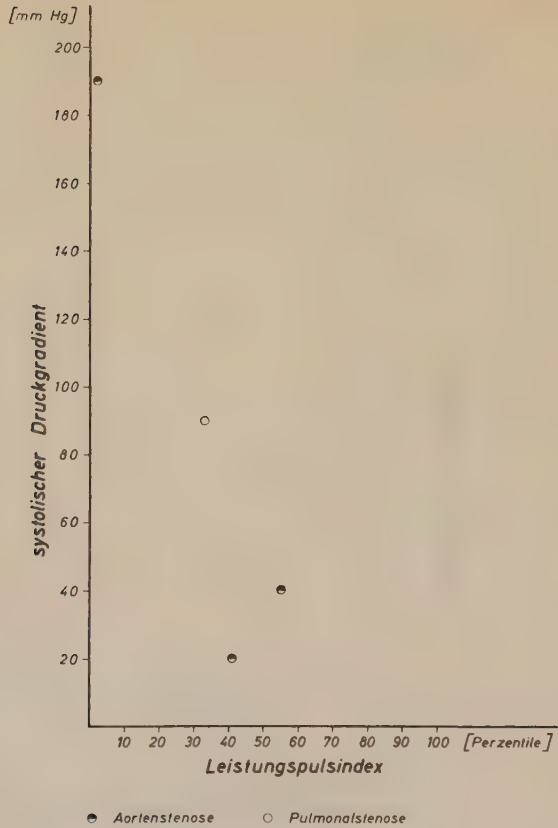


Abb. 11: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI) und Druckgradient an der Pulmonalklappe bei 4 Jungen und Mädchen mit stenotischen Herzvitien

In Abb. 10 und 11 setzten wir die PWC_{170} und den LPI von 4 Fällen mit stenotischen Vitien in Beziehung zum systolischen Druckgradienten an der Aorten- bzw. Pulmonalklappe. Mit steigendem Druckgradienten nimmt die Leistungsfähigkeit ab, soweit unser zahlenmässig geringes Untersuchungsgut diesen Schluß zuläßt. Auf jeden Fall fügen sich die Werte zwanglos den von DUFFIE und ADAMS (13) wiedergegebenen ein, wie Abb. 9 zeigt.

b) Die körperliche Leistungsfähigkeit von adipösen Kindern

aa) Leistungsfähigkeit und Lebensalter

Zur Auswertung unserer Untersuchungen über die körperliche Leistungsfähigkeit adipöser Kinder teilten wir unser Untersuchungsgut zunächst in drei Altersgruppen ein und berechneten in jeder Gruppe für jedes Kind nach den Somatogrammen von HELLBRÜGGE und VOGT (16) das durchschnittliche prozentuale Übergewicht und die durchschnittliche prozentuale Längenabweichung, wobei wir das jeweilige Gewicht auf das der Körperlänge entsprechende Gewicht ("Längensollgewicht") und die jeweilige Körperlänge auf die dem Lebensalter entsprechende Länge ("Alterssoll-Länge") bezogen. Aus Tab. 10 geht hervor, daß unsere Probanden im Durchschnitt eine Längenabweichung von +3,3 % hatten; sie war mit +1,0 % am geringsten in der Gruppe der 16-18-Jährigen, die mit +22,7 % auch das kleinste durchschnittliche Übergewicht aufwies. Die mittlere Längenabweichung übertraf den aus den Somatogrammen von VOGT (43) ersichtlichen mittleren einfachen Streubereich in keiner Altersgruppe, obwohl sie in den beiden Gruppen der 8-11-Jährigen bzw. der 12-15-Jährigen einem mittleren Vorschprung von etwa einem bis 1 1/2 Jahren entsprach.

Weiterhin berechneten wir aus unseren Ergebnissen für jede Altersgruppe die Mittelwerte der prozentualen Leistungsabweichungen von der Altersnorm, der Längennorm und der Gewichtsnorm, und zwar sowohl für die PWC_{170} als auch für den LPI. Dabei dienten uns als Normwerte die an 654 männlichen und 462 weiblichen gesunden Kindern und Jugendlichen gewonnenen Altersklassen- bzw. Gewichts- und Längenklassenwerte.

Tab. 10: Durchschnittliches prozentuales Übergewicht $\left\{ \begin{smallmatrix} +\delta \\ -\delta \end{smallmatrix} \right\}$ und durchschnittliche prozentuale Abweichung vom Längensoll $\left\{ \begin{smallmatrix} +\delta \\ -\delta \end{smallmatrix} \right\}$ in verschiedenen Altersstufen adipöser Kinder und Jugendlicher.

	8-11 Jahre			12-15 Jahre			16-18 Jahre			8-18 Jahre		
	AM [%]	σ	n	AM [%]	σ	n	AM [%]	σ	n	AM [%]	σ	n
mittleres Übergew. [% d. Längensollgew.]	+ 36,2	$\pm 11,8$	31	+ 24,8	$\pm 16,2$	42	+ 22,7	$\pm 8,9$	28	+ 31,9	$\pm 14,3$	101
mittlere Längenabw. [% der Alterssoll-Länge]	+ 3,5	$\pm 3,8$	31	+ 4,5	$\pm 4,8$	42	+ 1,0	$\pm 3,4$	28	+ 3,3	$\pm 2,2$	101

Wie die Tab. 11 erkennen läßt, bestand in den drei Altersgruppen in Relation zum Gewicht eine erhebliche Leistungsminderung, wobei die Fähigkeit zu kurzfristigen Höchstleistungen noch stärker betroffen war als die Dauerleistungsfähigkeit. Die Leistungsminderung war in der Gruppe der 16-18-Jährigen nicht so hoch wie in den beiden anderen Gruppen, wobei zu bedenken ist, daß in dieser Gruppe auch das durchschnittliche Übergewicht geringer war (s. Tab.10).

Tab. 11: Mittlere prozentuale Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen verschiedener Altersgruppen.

Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit vom		8-11 Jahre (n=31)	12-15 Jahre (n=42)	16-18 Jahre (n=28)	8-18 Jahre (n=101)
"Alterssoll"	LPI	+ 0,3 %	+ 5,6 %	+ 6,3 %	+ 3,2 %
	PWC ₁₇₀	+ 0,4 %	+ 0,9 %	+ 1,4 %	+ 0,1 %
"Längensoll"	LPI	- 1,3 %	- 2,5 %	+ 3,7 %	- 0,4 %
	PWC ₁₇₀	- 7,7 %	-12,9 %	- 3,9 %	- 8,9 %
"Gewichtssoll"	LPI	-23,0 %	-28,1 %	-11,8 %	-22,1 %
	PWC ₁₇₀	-32,1 %	-31,8 %	-16,6 %	-27,8 %

In Relation zum Alter war die mittlere Leistungsfähigkeit normal, die Fähigkeit zu Dauerleistungen war in den Gruppen der 12-15-Jährigen bzw. 16-18-Jährigen im Mittel sogar leicht erhöht.

In Bezug zur Länge erwies sich die Fähigkeit zu Dauerleistungen als normal, während hierbei die Fähigkeit zu kurzfristigen Höchstleistungen in allen drei Gruppen eingeschränkt war, am wenigsten allerdings wieder bei den 16-18-Jährigen. Es ist zu überlegen, inwieweit bei der Verminderung der PWC₁₇₀ in Bezug zur Länge der Längenvor-sprung der Probanden ursächlich beteiligt ist.

Tab. 12: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen. (Prüfung der Mittelwertdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion)

Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit vom	Altersgruppe II									
	I					II				
	8-11-Jahre		Diff. I:II			12-15 Jahre		Diff. II:III		
	AM[%]	♂	n			AM[%]	♂	n		
"Alterssoll"	LPI	+ 0,3	16,8	31	5,3()	+ 5,6	25,5	42	0,7()	+ 6,3
	PWC ₁₇₀	+ 0,4	29,1	31	1,3()	- 0,9	26,5	42	2,3()	+ 1,4
"Längensoll"	LPI	- 1,3	15,1	31	1,2()	- 2,5	24,5	42	6,2()	+ 3,7
	PWC ₁₇₀	- 7,7	24,5	31	5,2()	- 12,9	23,2	42	9,0()	- 3,9
"Gewichtssoll"	LPI	- 23,0	26,4	31	5,1()	- 28,1	35,1	42	16,3(x)	- 11,8
	PWC ₁₇₀	- 32,1	21,8	31	0,3()	- 31,8	19,0	42	15,2 ^x	- 16,6
Alterssoll	8-11 Jahre					12-18 Jahre				
			Diff.							
	AM[%]	♂	n			AM[%]	♂	n		
LPI	+ 0,3	16,8	31	5,6()		+ 5,9	24,9	70		
Längensoll	16-18 Jahre					8-15 Jahre				
			Diff.							
	AM[%]	♂	n			AM[%]	♂	n		
PWC ₁₇₀	- 3,9	20,5	28	6,8()		- 10,7	23,9	73		

Wie aus Tab. 12 hervorgeht, war die Differenz der mittleren prozentualen Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit zwischen den drei Altersgruppen "nicht signifikant" mit Ausnahme der mittleren Abweichung vom Gewichtssoll, in der sich die 12-15-Jährigen von den 16-18-Jährigen "wahrscheinlich signifikant" (LPI) bzw. "signifikant" (PWC_{170}) unterschieden. Allerdings muß man bei der Wertung dieses Ergebnisses das geringe durchschnittliche Übergewicht der Gruppe der 16-18-Jährigen berücksichtigen.

Um zu prüfen, ob sich die körperliche Leistungsfähigkeit der adipösen Kinder gegenüber unserer normalen Vergleichsgruppe unterschied, setzten wir deren Werte gleich 100 % und verglichen diesen so definitionsgemäß normierten "Mittelwert" mit den vergleichbaren Mittelwerten der adipösen Kinder. Wie Tab. 13 erkennen läßt, erwiesen sich bei dieser Art der Berechnung die Mittelwertdifferenzen der prozentualen Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Gewichtssoll in allen Gruppen als "sehr signifikant" bzw. "signifikant". Die Mittelwertdifferenz der prozentualen Abweichung vom Längensoll war gegenüber normalen Gleichaltrigen in der Gruppe der 12-15-Jährigen "sehr signifikant", in den anderen Gruppen "nicht signifikant". Faßte man aber die Gruppen zusammen, so unterschied sich die PWC_{170} in Relation zur Länge bei den adipösen 8-15-Jährigen bzw. 8-18-Jährigen "sehr signifikant" von den Werten der Normalgewichtigen. Die Leistungssteigerung in Relation zum Alter, die in den Gruppen der 12-15-Jährigen bzw. der 16-18-Jährigen bestand, war bei gruppenweisem Vergleich mit Normalen "nicht signifikant". Faßte man dagegen auch hier beide Gruppen zusammen, so erwies sich der Mittelwert der prozentualen Leistungssteigerung als "wahrscheinlich signifikant".

bb) Leistungsfähigkeit und körperliche Entwicklung

Um die Veränderungen in der Leistungsfähigkeit bei adipösen Kindern auch quantitativ zu erfassen und eine eventuelle Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit vom Grad der Adipositas zu ermitteln, teilten wir unser Untersuchungsgut einmal in drei Gruppen von 10-29 %, 30-49 % und 50-70 % Übergewicht, zum anderen in zwei Gruppen von 10-39 % und 40-70 % Über-

Tab. 13: Mittelwerte der körperlichen Leistungsfähigkeit in Prozent der Alters-, Längen- und Gewichtsnorm in verschiedenen Altersgruppen bei adipösen, gesunden Kindern und Jugendlichen. (Prüfung der Mittelwertunterschiede zwischen adipösen und gesunden Kindern mit Hilfe der t-Funktion)

Abweichung der körperlichen Leistungsfähig- keit von		Adipöse			Diff.	Normale		
		8-11 Jahre				8-11 Jahre		
		AM [$\frac{\%}{\%}$]	G'	n		AM [$\frac{\%}{\%}$]	σ'	n
"Altersoll"	LPI PWC ₁₇₀	100,3 100,4	16,8 29,1	31 31	0,3 0,4	100 100	18,8 24,5 262	
"Längensoll"	LPI PWC ₁₇₀	98,7 92,3	15,1 24,5	31 31	1,3 7,7	100 100	21,5 25,3 262	
"Gewichtasoll"	LPI PWC ₁₇₀	77,0 67,9	26,4 21,8	31 31	23,0 ^{xx} 32,1 ^{xx}	100 100	21,9 25,4 262	
12-15 Jahre								
"Altersoll"	LPI PWC ₁₇₀	105,6 99,1	25,5 26,5	42 42	5,6 0,9	100 100	20,6 21,8 336	
"Längensoll"	LPI PWC ₁₇₀	97,5 87,1	24,5 23,2	42 42	2,5 12,9 ^{xx}	100 100	24,6 22,1 336	
"Gewichtasoll"	LPI PWC ₁₇₀	71,9 68,2	37,1 19,0	42 42	28,1 ^{xx} 31,8 ^{xx}	100 100	23,6 24,2 336	
16-18 Jahre								
"Altersoll"	LPI PWC ₁₇₀	106,3 101,4	23,3 20,3	28 28	6,3 1,4	100 100	20,2 22,9 293	
"Längensoll"	LPI PWC ₁₇₀	103,7 96,1	24,4 20,5	28 28	3,7 3,9	100 100	23,4 21,9 293	
"Gewichtasoll"	LPI PWC ₁₇₀	88,2 83,4	29,7 18,5	28 28	11,8 ^x 16,6 ^{xx}	100 100	20,5 22,5 293	
12-18 Jahre								
"Altersoll"	LPI	105,9	24,9	70	5,9 ^(x)	100	20,4 629	
8-15 Jahre								
"Längensoll"	PWC ₁₇₀	89,3	23,9	73	10,7 ^{xx}	100	22,7 598	
8-18 Jahre								
"Gewichtasoll"	PWC ₁₇₀	91,1	23,4	101	8,9 ^{xx}	100	21,8 845	

gewicht ein. Für jede dieser Gruppen berechneten wir die prozentuale Abweichung der Leistungsfähigkeit vom Alters-, Längen- und Gewichtssoll (Tab. 14 und 15).

Wie Tab. 14 zeigt, ist bei Bezug auf das Gewichtssoll eine deutliche mit dem Ausmaß der Adipositas korrelierte Zunahme der Leistungsminderung zu erkennen, von der die Fähigkeit zu Dauerleistungen stärker betroffen ist als die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen. Bezogen auf die Alterssoll- und Längensoll-Werte der Leistungsfähigkeit zeigte sich dagegen nur in der Gruppe der am meisten Übergewichtigen ein Leistungsabfall gegenüber Gruppe I und Gruppe II, während zwischen diesen beiden Gruppen keine auffälligen Unterschiede in den Leistungsabweichungen vom Alters- und vom Längensoll vorhanden waren; in den beiden Gruppen ist, gemessen am Längensoll, eine Herabsetzung der FWC₁₇₀ und, gemessen am Alterssoll eine leicht über dem Durchschnitt von normalen Gleichaltrigen liegende Fähigkeit zu Dauerleistungen zu erkennen.

In Tab. 15 zeigt sich, daß bei unserem Untersuchungsgut die Leistungsfähigkeit bei den Adipösen mit mehr als 40 % Übergewicht insgesamt deutlich schlechter war als bei den Adipösen mit weniger als 40 % Übergewicht. Gemessen am Alterssoll ist die Leistungsfähigkeit der weniger Dicken noch gut erhalten, während sie bei Adipösen mit mehr als 40 % Übergewicht unterdurchschnittlich ist; dasselbe gilt für die Beziehungen zum Längensoll.

Vergleicht man die Ergebnisse von Tab. 14 mit denen von Tab. 15, so ergibt sich, daß bei unserem Untersuchungsgut zwischen 30 % und 50 % Übergewicht die Grenze liegt, bis zu der die Fähigkeit zu kurzfristigen Höchstleistungen wie auch besonders die Fähigkeit zu Dauerleistungen dem Alter und der Körperlänge annähernd entsprechen. Dagegen entspricht die Leistungsfähigkeit auch bei den weniger Dicken (bis 40 % Übergewicht) nicht den nach dem Körpergewicht zu erwartenden Werten.

Um die Ergebnisse der Tab. 14 und 15 genauer zu analysieren, prüften wir auch hier die Mittelwertdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion, wobei wir die Mittelwerte der prozentualen Leistungsabweichung sowohl von Gruppe zu Gruppe als auch mit Werten normaler Kinder verglichen (Tab. 16, 17, 18 und 19).

Tab. 14: Mittlere prozentuale Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen unter Berücksichtigung des Übergewichtes.

Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit vom		Übergewicht			
		Gruppe I 10-29 % (n=53)	Gruppe II 30-49 % (n=37)	Gruppe III 50-70 % (n=11)	10-70 % (n=101)
"Alterssoll"	LPI	+ 4,4 %	+ 4,6 %	- 7,7 %	+ 3,2 %
	PWC ₁₇₀	- 0,4 %	+ 1,2 %	- 1,0 %	+ 0,1 %
"Längensoll"	LPI	+ 0,1 %	+ 2,0 %	-11,1 %	- 0,4 %
	PWC ₁₇₀	- 9,8 %	- 5,6 %	-15,4 %	- 8,9 %
"Gewichtssoll"	LPI	-12,7 %	-24,0 %	-61,7 %	-22,1 %
	PWC ₁₇₀	-20,5 %	-30,7 %	-44,9 %	-27,8 %

Tab. 15: Mittlere prozentuale Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen unter Berücksichtigung des Übergewichtes.

Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit vom		Übergewicht		
		Gruppe I 10-39 % (n=78)	Gruppe II 40-70 % (n=23)	10-70 % (n=101)
"Alterssoll"	LPI	+ 5,9 %	- 5,6 %	+ 3,2 %
	PWC ₁₇₀	+ 2,6 %	- 8,9 %	+ 0,1 %
"Längensoll"	LPI	+ 1,8 %	- 7,9 %	- 0,4 %
	PWC ₁₇₀	- 6,9 %	-16,4 %	- 8,9 %
"Gewichtssoll"	LPI	-14,5 %	-48,0 %	-22,1 %
	PWC ₁₇₀	-23,0 %	-44,6 %	-27,8 %

Tab. 16: Mittelwerte der prozentualen Abweichungen der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen, nach Übergewicht gruppiert.
(Prüfung der Mittelwertdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion)

Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit vom		Übergewicht						
		I 10-29%			Diff.	II 30-49%		
		AM[%]	σ	n		AM[%]	σ	n
"Alterssoll"	LPI	+ 4,4	22,4	53	0,2 ⁽¹⁾	+ 4,6	22,2	37
	PWC ₁₇₀	- 0,4	24,4	53	1,6 ⁽¹⁾	+ 1,2	30,7	37
"Längensoll"	LPI	+ 0,1	23,2	53	1,9 ⁽¹⁾	+ 2,0	23,2	37
	PWC ₁₇₀	- 9,8	22,0	53	4,2 ⁽¹⁾	- 5,6	26,1	37
"Gewichtssoll"	LPI	-12,7	28,1	53	11,3 ⁽¹⁾	-24,0	33,7	37
	PWC ₁₇₀	-20,5	18,1	53	10,2 ^{(1)x}	-30,7	23,5	37
		II 30-49%			Diff.	III 50-70%		
		AM[%]	σ	n		AM[%]	σ	n
"Alterssoll"	LPI	+ 4,6	22,2	37	12,3 ⁽¹⁾	- 7,7	24,8	11
	PWC ₁₇₀	+ 1,2	30,7	37	2,2 ⁽¹⁾	- 1,0	20,6	11
"Längensoll"	LPI	+ 2,0	23,2	37	13,1 ⁽¹⁾	-11,1	18,6	11
	PWC ₁₇₀	- 5,6	26,1	37	9,8 ⁽¹⁾	-15,4	22,7	11
"Gewichtssoll"	LPI	-24,0	33,7	37	37,7 ^x	-61,7	24,7	11
	PWC ₁₇₀	-30,7	23,5	37	14,2 ⁽¹⁾	-44,9	15,3	11
		I + II 10-49%			Diff.	III 50-70%		
		AM[%]	σ	n		AM[%]	σ	n
"Alterssoll"	LPI	+ 4,5	22,7	90	12,2 ⁽¹⁾	- 7,7	24,8	11
	PWC ₁₇₀	+ 0,3	27,4	90	1,3 ⁽¹⁾	- 1,0	20,6	11
"Längensoll"	LPI	+ 0,9	23,5	90	12,0 ⁽¹⁾	-11,1	18,6	11
	PWC ₁₇₀	- 8,1	23,9	90	7,3 ⁽¹⁾	-15,4	22,7	11
"Gewichtssoll"	LPI	-17,3	30,7	90	44,4 ^{xx}	-61,7	24,7	11
	PWC ₁₇₀	-24,7	20,9	90	20,2 ^x	-44,9	15,3	11

Tab. 17: Mittelwerte der prozentualen Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Alters-, Längen- und Gewichtssoll bei 101 adipösen Kindern und Jugendlichen, nach Übergewicht gruppiert.
(Prüfung der Mittelwertdifferenzen mit Hilfe der t-Funktion)

Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit vom		Übergewicht						
		10-39 %			Diff.	40-70 %		
		AM [%]	σ	n		AM [%]	σ	n
"Alterssoll"	LPI	+ 5,9	22,3	78	11,5 ^{()x}	- 5,6	23,2	23
	PWC ₁₇₀	+ 2,6	23,6	78	11,5 ^{()x}	- 8,9	24,6	23
"Längensoll"	LPI	+ 1,8	23,8	78	9,7 ^()	- 7,9	19,1	23
	PWC ₁₇₀	- 6,9	24,0	78	9,5 ^()	-16,4	22,0	23
"Gewichtssoll"	LPI	-14,5	29,6	78	33,5 ^{xx}	-48,0	24,2	23
	PWC ₁₇₀	-23,0	19,6	78	21,6 ^{xx}	-44,6	33,7	23

Tab. 18: Mittelwerte der körperlichen Leistungsfähigkeit in Prozent der Alters-, Alters- und Geschlechtsnorm bei adipösen Kindern, nach ihrem Übergewicht im Gruppenvergleich. Die Differenzen sind statistisch signifikant. Die Werte unterscheiden sich zwischen gesunden und adipösen Kindern mit Hilfe der Funktion)

Körperliche Leistungsfähig- keit in % vom	10-29 % Übergewicht			Diff.	Normale			
	AM	$\bar{x}$	n		AM	$\bar{x}$	n	
"Altersoll"	LPI	104,4	22,4	53	4,4 ⁽⁾	100	19,6	845
	PWG ₁₇₀	99,6	24,4	53	0,4 ⁽⁾	100	22,3	845
"Längensoll"	LPI	100,1	23,2	53	0,1 ⁽⁾	100	22,1	845
	PWG ₁₇₀	90,2	22,0	53	9,8 ^{xx}	100	21,8	845
"Gewichtesoll"	LPI	87,3	28,1	53	12,7 ^{xx}	100	21,3	845
	PWG ₁₇₀	79,5	18,1	53	20,5 ^{xx}	100	23,5	845
	30-49 % Übergewicht			Diff.	Normale			
	AM	$\bar{x}$	n		AM	$\bar{x}$	n	
"Altersoll"	LPI	104,6	22,4	37	4,6 ⁽⁾	100	19,6	845
	PWG ₁₇₀	101,2	30,7	37	1,2 ⁽⁾	100	22,3	845
"Längensoll"	LPI	102,0	23,2	37	2,0 ⁽⁾	100	22,1	845
	PWG ₁₇₀	94,4	26,1	37	5,6 ⁽⁾	100	21,8	845
"Gewichtesoll"	LPI	76,0	33,7	37	24,0 ^{xx}	100	21,3	845
	PWG ₁₇₀	69,3	23,5	37	30,7 ^{xx}	100	23,5	845
	50-70 % Übergewicht			Diff.	Normale			
	AM	$\bar{x}$	n		AM	$\bar{x}$	n	
"Altersoll"	LPI	92,3	24,8	11	7,7 ⁽⁾	100	19,6	845
	PWG ₁₇₀	99,0	20,6	11	1,0 ⁽⁾	100	21,8	845
"Längensoll"	LPI	88,9	18,6	11	11,1 ⁽⁾	100	22,1	845
	PWG ₁₇₀	84,6	22,7	11	15,4 ^{()x}	100	21,8	845
"Gewichtesoll"	LPI	38,3	24,7	11	61,7 ^{xx}	100	21,3	845
	PWG ₁₇₀	55,1	15,3	11	44,9 ^{xx}	100	23,5	845
	10-49 % Übergewicht			Diff.	Normale			
	AM	$\bar{x}$	n		AM	$\bar{x}$	n	
"Altersoll"	LPI	104,5	22,7	90	4,5 ^{()x}	100	19,6	845
	PWG ₁₇₀	100,3	27,4	90	0,3 ⁽⁾	100	22,3	845
"Längensoll"	PWG ₁₇₀	91,9	23,9	90	8,1 ^{xx}	100	21,8	845
	PWG ₁₇₀	75,3	20,9	90	24,7 ^{xx}	100	23,5	845

Tab. 19: Mittelwerte der körperlichen Leistungsfähigkeit in Prozent der Alters-, Längen- und Gewichtsnorm bei adipösen Kindern, nach ihrem Übergewicht in Gruppen eingeteilt, und bei gesunden Kindern. (Prüfung der Mittelwertunterschiede zwischen gesunden und adipösen Kindern mit Hilfe der t-Funktion)

Körperliche Leistungs- fähigkeit in % vom		10-39 % Übergewicht			Diff.	Normale		
		AM [%]	σ	n		AM [%]	σ	n
"Alterssoll"	LPI	105,9	22,3	78	5,9 ^{(1)x}	100	19,6	845
	PWC ₁₇₀	102,6	23,6	78	2,6 ⁽¹⁾	100	22,3	845
"Längensoll"	LPI	101,8	23,8	78	1,8 ⁽¹⁾	100	22,1	845
	PWC ₁₇₀	93,1	24,0	78	6,9 ^x	100	21,8	845
"Gewichtssoll"	LPI	85,5	29,6	78	14,5 ^{xx}	100	21,3	845
	PWC ₁₇₀	77,0	19,6	78	23,0 ^{xx}	100	23,5	845
		40-70 % Übergewicht			Diff.	Normale		
		AM [%]	σ	n		AM [%]	σ	n
"Alterssoll"	LPI	94,4	23,2	23	5,6 ⁽¹⁾	100	19,6	845
	PWC ₁₇₀	91,1	24,6	23	8,9 ⁽¹⁾	100	22,3	845
"Längensoll"	LPI	92,1	19,1	23	7,9 ⁽¹⁾	100	22,1	845
	PWC ₁₇₀	83,6	22,0	23	16,4 ^{xx}	100	21,8	845
"Gewichtssoll"	LPI	52,0	24,2	23	48,0 ^{xx}	100	21,3	845
	PWC ₁₇₀	55,4	33,7	23	44,6 ^{xx}	100	23,5	845

Wie sich aus Tab. 16 ergibt, ist nur die Mittelwertdifferenz der prozentualen Abweichung der Leistungsfähigkeit vom Gewichtssoll bei Vergleich der Gruppen I und II "wahrscheinlich signifikant" (gemessen als PWC_{170}), bei Vergleich der Gruppen II und III "signifikant" (gemessen als LPI). Bei Zusammenfassung der Gruppen I und II war die Mittelwertdifferenz zu Gruppe III für die prozentualen Abweichungen vom Gewichtssoll "sehr signifikant" (LPI) bzw. "signifikant" (PWC_{170}).

Die Prüfung der Mittelwertdifferenzen der beiden Gruppen in Tab. 17 ergab, daß sich die Mittelwerte der prozentualen Abweichung vom Gewichtssoll "sehr signifikant" unterschieden; die Mittelwertdifferenzen der prozentualen Abweichungen vom Alterssoll waren "wahrscheinlich signifikant", vom Längensoll "nicht signifikant".

Gegenüber normalen Gleichaltrigen waren die Mittelwertdifferenzen der prozentualen Abweichungen vom Gewichtssoll bei allen drei Gruppen der Tab. 18 "sehr signifikant", sowohl gemessen als LPI als auch als PWC_{170} .

Die Mittelwertdifferenzen der prozentualen Abweichungen vom Alterssoll waren dagegen in allen drei Gruppen, gemessen als LPI wie auch als PWC_{170} , "nicht signifikant". Zog man aber Gruppe I und Gruppe II zusammen, so ergab sich, daß die Leistungsminderung gegenüber normalen Kindern gleichen Alters, gemessen als LPI, "wahrscheinlich signifikant" war. Bei den Mittelwerten der Abweichungen vom Längensoll ergab sich gegenüber den Werten normaler Kinder für den LPI kein signifikanter Unterschied, während für die PWC_{170} der Unterschied in Gruppe I "signifikant" und in Gruppe II "wahrscheinlich signifikant" war.

Aus Tab. 19 geht weiter hervor, daß in beiden Gruppen die Abweichung der Leistungsfähigkeit vom Gewichtssoll "sehr signifikant" war. Die Leistungsfähigkeit war, gemessen als LPI, in der Gruppe der Adipösen mit einem Übergewicht von weniger als 40 % "wahrscheinlich signifikant" besser als die Gleichaltriger, dagegen "signifikant" (< 40 % Übergewicht) bzw. "sehr signifikant" (> 40 % Übergewicht) schlechter als die Leistungsfähigkeit von Kindern gleicher Körpergröße, gemessen als PWC_{170} .

Es zeigt sich somit durch die Analyse mittels der t-Funktion, daß alle Gruppen sowohl in ihrer Dauerleistungsfähigkeit als auch in der Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen "sehr signifikant" vom Gewichtssoll abweichen, wobei sich auch noch zwischen den einzelnen Gruppen von Kindern mit verschieden hohem Übergewicht Unterschiede ergeben, die von "wahrscheinlich signifikant" bis "sehr signifikant" reichen.

Um die Ergebnisse zu verdeutlichen, haben wir in den Abb. 12 und 13 Beziehungen hergestellt zwischen Übergewicht (als prozentuale Abweichung vom Längensollgewicht) und Leistungsminderung (als prozentuale Abweichung vom Gewichtssoll der "physical working capacity" PWC_{170} bzw. des Leistungsindex).

Um unsere Meßwerte um einen Wert im Bereich von 0-10 % Übergewicht ergänzen zu können, wählten wir aus dem Untersuchungsgut von gesunden Kindern, das uns dazu gedient hatte, Maßstäbe für die Beurteilung des Leistungsverhaltens kranker Kinder zu erhalten, auswahlfrei 30 Jungen und Mädchen im Alter von 8-18 Jahren mit einem Gewicht bis zu 10 % über dem "Normgewicht" aus und bestimmten aus den vorhandenen Werten des LPI und der PWC_{170} den Mittelwert der prozentualen Abweichung ihrer Leistungsfähigkeit vom Gewichtssoll des LPI und der PWC_{170} . Die derart gewonnenen Werte zeichneten wir zusammen mit den im Abstand von jeweils 10 % Übergewicht bei unseren adipösen Probanden bestimmten Mittelwerten der Leistungsfähigkeit in Abb. 12 und 13 ein.

Zwischen Übergewicht und Verminderung der PWC_{170} hielten wir eine lineare Beziehung für eine angemessene Wiedergabe der Verhältnisse. Sie ist in Abb. 12 eingezeichnet. Zwischen Übergewicht und Verminderung des LPI besteht ein Trend 3. Ordnung, den wir in Abb. 13 einzeichneten.

Um die Beziehungen zwischen prozentualem Übergewicht und prozentualer Leistungsminderung in Bezug auf Alters-, Längen- und Gewichtssoll noch weiter zu analysieren, berechneten wir für diese Beziehungen die Maßkorrelationen. Wie die Tab. 20 zeigt, sind die Korrelationskoeffizienten nur zwischen prozentualem Übergewicht und prozentualer

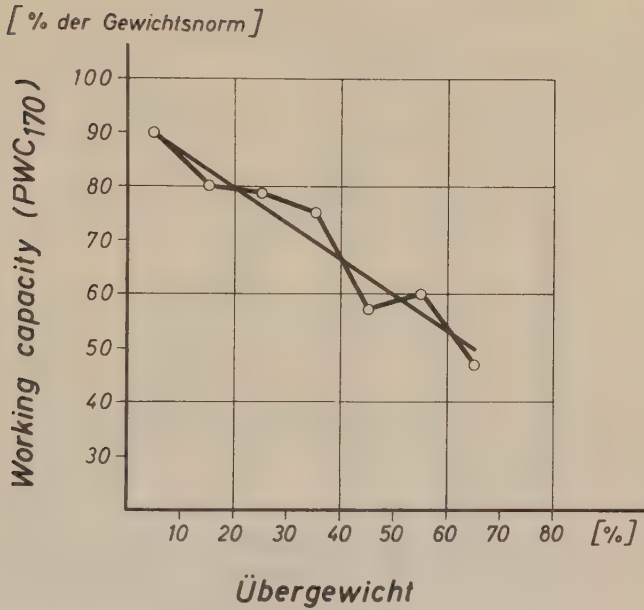


Abb. 12: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC₁₇₀),
bezogen auf die Gewichtsnorm, in Abhängigkeit
vom Übergewicht bei 101 übergewichtigen
Kindern und Jugendlichen

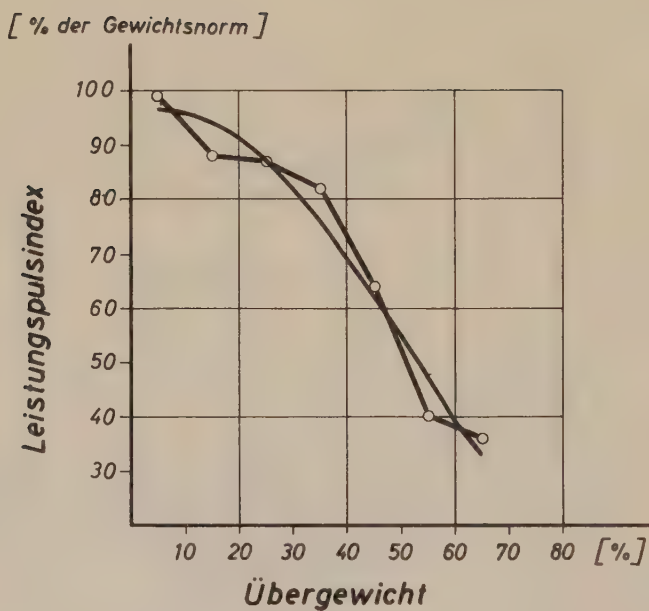


Abb. 13: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI),
bezogen auf die Gewichtsnorm, in Abhängigkeit
vom Übergewicht bei 101 übergewichtigen
Kindern und Jugendlichen

Tab. 20: Maßkorrelationen zwischen prozentualem Übergewicht und prozentualer Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Alters-, Längen- und Gewichtssoll. (Prüfung des Unterschiedes der Korrelationskoeffizienten von einer mit Null angenommenen Korrelation mit Hilfe der t-Funktion)

	Prozentuale Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit vom					
	Alterssoll		Längensoll		Gewichtssoll	
	LPI	PWC ₁₇₀	LPI	PWC ₁₇₀	LPI	PWC ₁₇₀
prozentuales Übergewicht	r= 0,131 p= >0,27	r= 0,055 p= >0,27	r= 0,103 p= >0,27	r= 0,03 p=>0,27	r= 0,412 p= < 0,27	r= 0,414 p= < 0,27

Abweichung der körperlichen Leistungsfähigkeit vom Gewichtssoll "signifikant" von Null unterschieden.

Um die Leistungsfähigkeit unserer adipösen Probanden im Verhältnis zu ihrer körperlichen Entwicklung darzustellen, haben wir ihre Werte, getrennt nach Jungen und Mädchen, in Diagramme eingetragen (Abb. 14, 15, 16, 17), welche die Abhängigkeit der "physical working capacity" PWC₁₇₀ und des Leistungspulsindexes von der Körperoberfläche zeigen, wobei der Bereich des Normalen in Form der Perzentile zur Regressionslinie ^{die} für Beziehung zwischen Leistungsfähigkeit und Körperoberfläche aus den Versuchen an 435 gesunden Jungen und 396 Mädchen im Alter von 8-18 Jahren errechnet wurde. Die für gesunde Kinder gültigen Perzentile, die jeweils aus der Standardabweichung der Regressionslinie errechnet wurden (s. S. 24), sind gleichfalls eingetragen. Die Körperoberfläche bestimmten wir aus Körperlänge und Körpergewicht mit Hilfe der Nomogramme nach Du Bois und Du Bois. Die Werte unserer adipösen Probanden wurden in diese Abbildungen eingetragen und besonders gekennzeichnet, wenn sie ein Übergewicht von mehr als 30 % hatten.

Abb. 14 zeigt die Beziehung des Leistungspulsindexes zur Körperoberfläche bei 65 adipösen Jungen. 20 von ihnen liegen über dem Leistungsdurchschnitt gesunder Jungen, 45 darunter. 3 Adipöse, davon einer mit mehr als 30 % Übergewicht, sind, gemessen als LPI, leistungsfähiger als 80 % der normalen

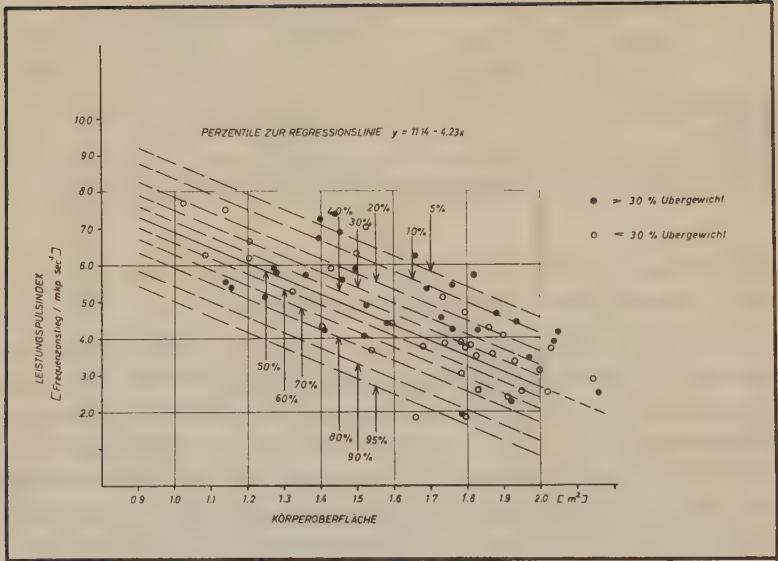


Abb. 14: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI), bezogen auf die Körperoberfläche bei 65 adipösen Jungen

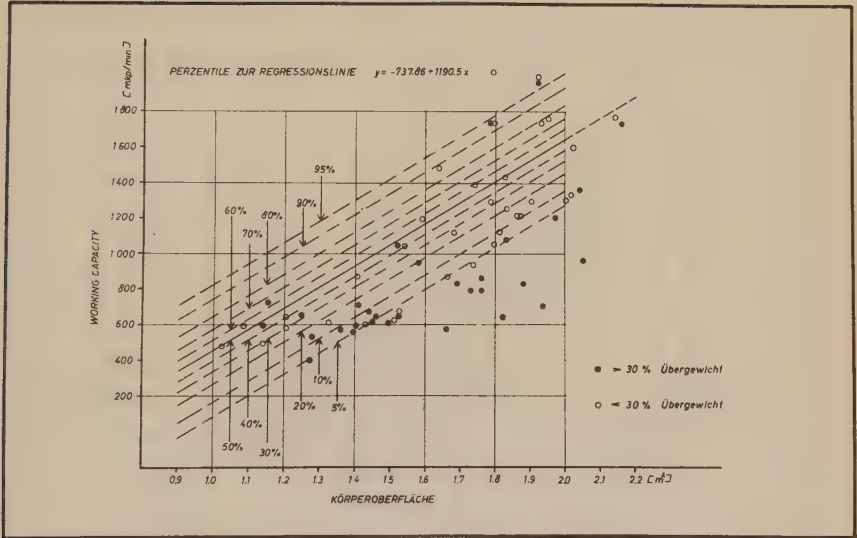


Abb. 15: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC_{170}),
bezogen auf die Körperoberfläche bei 65 adipösen
Jungen

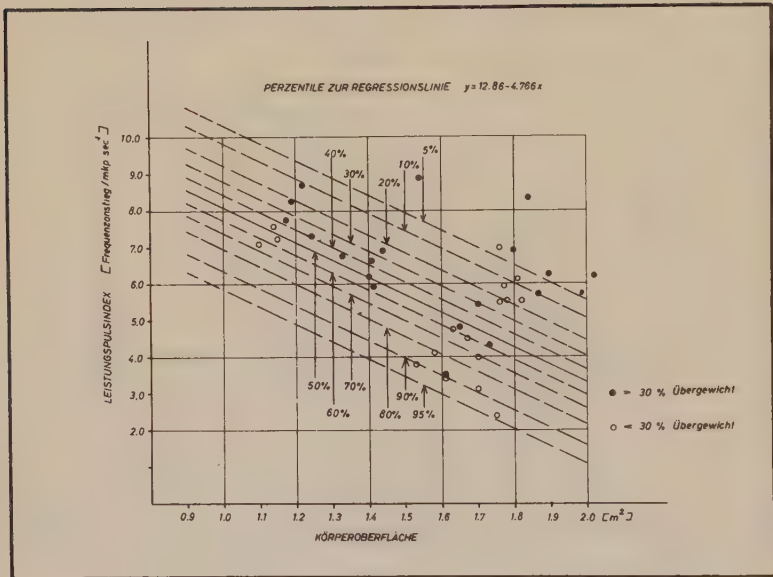


Abb. 16: Körperliche Leistungsfähigkeit (LPI),
bezogen auf die Körperoberfläche bei
36 adipösen Mädchen

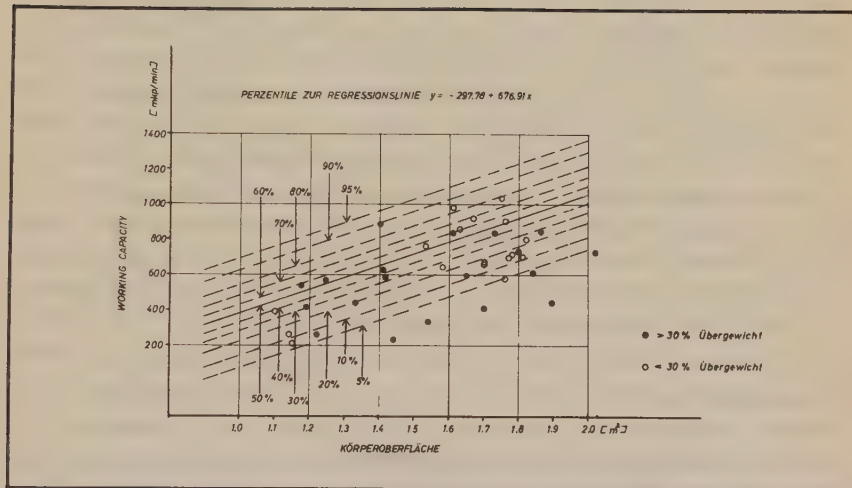


Abb. 17: Körperliche Leistungsfähigkeit (PWC_{170}),
bezogen auf die Körperoberfläche bei
36 adipösen Mädchen

männlichen Jugendlichen. 20 adipöse Jungen, darunter 13 mit mehr als 30 % Übergewicht, sind weniger leistungsfähig als 80 % der Normalen. Immerhin fallen nur 6 von unseren Probanden in den Bereich unterhalb des 5. Perzentils, so daß also die Dauerleistungsfähigkeit im Mittel recht gut erhalten ist.

Abb. 15 zeigt die Beziehung der "physical working capacity" PWC_{170} zur Körperoberfläche bei 65 adipösen Jungen. Nur 12 von ihnen, darunter 3 mit mehr als 30 % Übergewicht, liegen über dem Leistungsdurchschnitt gesunder Jungen. 43 adipöse Kinder, also 65 %, sind zu kurzfristigen Höchstleistungen weniger fähig als 80 % gesunder Jungen. 17 adipöse Jungen, davon 13 mit mehr als 30 % Übergewicht, liegen sogar unter dem 5. Perzentil und sind z.T. in ihrer Leistungsfähigkeit extrem eingeschränkt. Es zeigt sich also auch bei Bezug auf die Körperoberfläche deutlich, daß die Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei adipösen Jungen im Durchschnitt mehr die Fähigkeit zu kurzfristigen Höchstleistungen betrifft als die zu Dauerleistungen.

Abb. 16 zeigt die Beziehung des Leistungspulsindex zur Körperoberfläche bei 36 adipösen Mädchen. 12 von ihnen, davon 7 mit mehr als 30 % Übergewicht, sind weniger leistungsfähig als 80 % der gesunden Mädchen, 6, davon eins mit mehr als 30 % Übergewicht, sind leistungsfähiger als 80 % gesunder Mädchen. 22 sind unterdurchschnittlich leistungsfähig, 14 überdurchschnittlich.

In Abb. 17, die die Beziehung der "physical working capacity" PWC_{170} zur Körperoberfläche bei unseren 36 adipösen Mädchen zeigt, liegen zwei Werte über dem 80. Perzentil, 18 liegen unter dem 20. Perzentil. 10 Mädchen sind überdurchschnittlich befähigt zu kurzzeitigen Höchstleistungen, die Werte von 26 Mädchen, d.h. 70 %, liegen unter dem Durchschnitt. Auch bei den adipösen Mädchen zeigt sich also, daß die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen mehr von der Leistungsminderung betroffen ist als die Fähigkeit zu Dauerleistungen.

V. Diskussion der Ergebnisse

1. Körperliche Leistungsfähigkeit herzkranker Kinder

Betrachtet man unsere Untersuchungen über die körperliche Leistungsfähigkeit von Kindern mit angeborenen und erworbenen Herzfehlern im Zusammenhang, dann läßt sich zeigen, daß nicht alle dieser Kinder eine Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit aufwiesen. So konnten wir in Übereinstimmung mit Untersuchungen von DUFFIE und ADAMS (13) zeigen, daß zwar Kinder mit zyanotischen Vitien im Durchschnitt über eine sehr geringe körperliche Leistungsfähigkeit verfügten; in deutlichem Gegensatz zu diesen Befunden an Kindern mit zyanotischen Vitien stehen die Ergebnisse unserer ergometrischen Untersuchungen an Kindern mit azyanotischen Herzfehlern.

Hier fanden wir, daß die körperliche Leistungsfähigkeit im Durchschnitt nur unwesentlich unter den Normalwerten lag, wie man sie bei Berücksichtigung von Körperlänge, Körpergewicht und Körperoberfläche zu erwarten hatte. Allerdings muß diese Feststellung dahingehend erweitert werden, daß in dieser Beziehung eine gewisse Altersabhängigkeit erkennbar ist.

So waren nämlich Kinder mit azyanotischen Herzfehlern bis zum 11. Lebensjahr in ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit nicht eingeschränkt; die älteren Kinder bis zum 16. Lebensjahr zeigten dagegen eine wenn auch nicht sehr ausgeprägte Minderung ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit, wobei insbesondere die Dauer der Leistungsfähigkeit betroffen war. Allerdings war unser Untersuchungsgut zu klein, um über diesen numerischen Unterschied hinaus allgemeine Aussagen zuzulassen.

Deutlicher wurde die Altersabhängigkeit, als wir in den beiden Altersgruppen 8-11 und 12-16 Jahre nur die Fälle mit angeborenen Vitien berücksichtigten, die einen Links-Rechts-Shunt auf Ventrikel-, Vorhof- oder Gefäßebene aufwiesen. Zwar war bei Bezug der Leistungsfähigkeit auf die körperliche Entwicklung auch hier trotz der beachtlichen Größe des numerischen Unterschiedes die Differenz der Mittelwerte "nicht signifikant", doch erwies sich der Unterschied in der Abweichung von der Altersnorm in den beiden Gruppen für die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen als "wahrscheinlich signifikant".

Dabei war die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen bei den 8-11-Jährigen überdurchschnittlich. Erst ab einem Alter von 12 Jahren lagen die Werte unter dem Durchschnitt.

Auf Grund dieser Befunde können wir also die Beobachtungen von JONSSON, LINDERHOLM und PINARDI (21); welche eine Abnahme der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Personen mit Links-Rechts-Shunt auf Vorhofebene nach dem 25. Lebensjahr fanden, dahingehend ergänzen, daß der Beginn der Leistungsminderung sich bereits in der Pubertätszeit abzeichnet und daß die für den ASD gemachte Feststellung auch auf Links-Rechts-Shunts auf Ventrikelebene auszudehnen ist.

Als Erklärung für die Leistungsminderung bei Herzfehlern mit Links-Rechts-Shunt geben ADAMS und DUFFIE (3) sowie KJELLBERG, MANNHEIMER, RUDHE und JONSSON (27) das Auftreten einer pulmonalen Hypertension an, wobei auch leichte Druckerhöhungen bis zu 60 mm Hg in der A.pulmonalis eine Leistungsminderung bewirken sollen. Es war deshalb zu prüfen, ob die von uns festgestellte Minderung der körperlichen Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter in der allmählichen Entwicklung einer solchen pulmonalen Hypertension ihre Ursache hatte.

Es erwies sich jedoch, daß eine echte pulmonale Hypertension in keinem der von uns untersuchten Fälle existierte, obwohl in einigen Fällen eine nicht unbeträchtliche Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit vorlag. Selbst bei einem Kind mit AV-Kanal, bei dem in der A.pulmonalis ein systolischer Druck von 90 mm Hg bestand, war diese Hypertonie noch volumenbedingt, und es erfolgte keine Shuntumkehr bei Belastung. In allen anderen Fällen überstieg der systolische Druck in der A.pulmonalis nicht den Wert von 60 mm Hg systolisch und war nur in 7 der 17 Fälle höher als 30 mm Hg, so daß man auch hier nur von einer beginnenden pulmonalen Hypertension sprechen konnte. Bei diesen 7 Fällen mit beginnender pulmonaler Hypertension war jedoch die Leistungsfähigkeit im Mittel nicht schlechter, sondern besser als bei den Fällen mit einem Druck in der A.pulmonalis von ≤ 30 mm Hg, ohne daß sich dafür eine Erklärung in einem geringeren Shuntvolumen oder einem niedrigeren Durchschnittsalter zeigte.

Immerhin wäre es jedoch denkbar, daß bei nur leichter, volumenbedingter Druckerhöhung im kleinen Kreislauf unter Belastung durch Verringerung des Shuntvolumens eine Rationalisierung der Kreislaufverhältnisse eintreten würde und die Leistungsfähigkeit sich damit verbesserte. Allerdings war unser Untersuchungsgut zu klein, als daß wir ein zufälliges Zustandekommen dieses Ergebnisses ausschließen könnten. Andererseits erwies sich auch das Ergebnis von ADAMS und DUFFIE (3), daß nämlich schon bei leichter Druckerhöhung bis zu 60 mm Hg die Leistungsfähigkeit im Durchschnitt eingeschränkt sei, bei statistischer Überprüfung der uns erreichbaren Ergebnisse als "nicht signifikant".

Es läßt sich somit lediglich feststellen, daß eine beginnende pulmonale Hypertension mit Werten bis zu 60 mm Hg in der A.pulmonalis von einigen Autoren auf Grund ihrer Untersuchungen zwar als Ursache einer Leistungsminderung bei Herzvitien mit Links-Rechts-Shunt vermutet worden ist, diese Vermutung aber bis jetzt nicht statistisch gesichert ist. Andererseits konnte jedoch auch unser gegenteiliges Ergebnis nicht statistisch gesichert werden. Es ist deshalb anzunehmen, daß durch leichte Druckerhöhung im kleinen Kreislauf bis zu Werten von 60 mm Hg in der A.pulmonalis die Leistungsfähigkeit im allgemeinen nicht oder nur unwesentlich beeinflußt wird, sondern daß erst eine pulmonale Hypertension mit Druckwerten von mehr als 60 mm Hg in der A.pulmonalis eine echte Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit zur Folge hat. Weitere Untersuchungen an einem größeren Kollektiv wären jedoch wünschenswert.

Bei Kindern mit stenotischen Vitien, d.h. Pulmonalstenosen und Aortenstenosen, beobachteten KJELLBERG, MANNHEIMER, RUDHE und JONSSON (27) sowie DUFFIE und ADAMS (13) eine positive Korrelation zwischen dem Grad der Stenose bzw. dem systolischen Druckgradienten und dem Ausmaß der Leistungsminderung. Am 4 Fällen - einer Pulmonalstenose und 3 Aortenstenosen - konnten wir diese Befunde bestätigen.

Eine gesonderte Besprechung erfordert schließlich noch die Beobachtung, daß die körperliche Leistungsfähigkeit der von uns untersuchten herzkranken Kinder unter Berücksichtigung

der körperlichen Entwicklung relativ weniger eingeschränkt erschien als unter Berücksichtigung des Lebensalters. Hier muß aber darauf aufmerksam gemacht werden, daß die körperliche Leistungsfähigkeit, wie z.B. ASTRAND (5) sowie RUTENFRANZ (37) gezeigt haben, im wesentlichen von der körperlichen Entwicklung und nicht vom Lebensalter bestimmt wird.

Bezieht man nun die Körperlänge der von uns untersuchten Kinder mitzyanotischen Vitien prozentual auf die Altersklassenmittelwerte des von RUTENFRANZ (37) untersuchten Kollektivs gesunder Kinder, das uns zum Vergleich diente, dann zeigt sich, daß z.B. die Kinder mit zyanotischen Vitien im Mittel einen Längenrückstand von 6,8 % aufwiesen, was einem durchschnittlichen Wachstumsrückstand von 1-2 Jahren entspricht. Aus diesem Grunde ist zu vermuten, daß die Minderung der körperlichen Leistungsfähigkeit gegenüber Gleichaltrigen z.T. durch haemodynamische Faktoren, zu einem anderen Teil jedoch, bei den azyanotischen Fällen fast ausschließlich, durch den Wachstumsrückstand dieser Kinder bedingt ist.

Es ist bei unseren Untersuchungen aufgefallen, daß ganz allgemein mit wenigen Ausnahmen eine vorhandene Leistungsminderung vor allem die Fähigkeit zu Dauerleistungen betrifft, oder aber daß die Fähigkeit zu Dauerleistungen wesentlich stärker eingeschränkt ist als die Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen. Vergleichsmöglichkeiten mit Ergebnissen anderer Autoren bestehen in diesem Punkt nicht, da bisher bei Untersuchungen an herzkranken Kindern zumeist die "physical working capacity" PWC₁₇₀ als einziges Maß der körperlichen Leistungsfähigkeit verwendet worden ist; dieses Maß gibt jedoch nur Möglichkeiten zur Beurteilung der Fähigkeit zu kurzzeitigen Höchstleistungen. Die größere Beeinträchtigung der Fähigkeit zu Dauerleistungen bei unseren Kindern scheint uns vor allem auf das Fehlen eines körperlichen Trainings zurückzuführen sein. Aufgabe einer ärztlichen Untersuchung sollte es aber sein, im Einzelfall festzulegen, ob eine solche Einschränkung von Trainingsmöglichkeiten nach der Art und dem Ausmaß des Herzfehlers verantwortet werden kann. Hierbei ist zu bedenken, daß nach der Diagnose eines

angeborenen Herzfehlers im allgemeinen die körperliche Aktivität der Kinder oft aus prophylaktischen Gründen eingeschränkt wird.

2. Körperliche Leistungsfähigkeit adipöser Kinder

Wie sich aus dem Literaturbericht zur Frage der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Adipositas ergab, ist die Auffassung zu dieser Frage nicht einheitlich. Während nämlich JOSEPHANS (22) fand, daß Erwachsene mit einem Übergewicht von 17-50 % bei Arbeit auf dem Fahrradergometer mit einer Leistung von bis zu 2 Watt/kg des der Länge bzw. dem Alter entsprechenden "Normalgewichtes" sich in dem Verhalten der Pulsfrequenz nicht von Normalgewichtigen unterschieden, stellten BUSKIRK, TAYLOR und SIMONSON (12) bei Versuchen auf der Tretbahn fest, daß zwischen dem prozentualen Übergewicht und dem Ausmaß der Pulsfrequenzsteigerung enge korrelative Beziehungen bestanden, womit also eine spezifische Minderung in der körperlichen Leistungsfähigkeit durch die Adipositas gegeben wäre.

Unsere Untersuchungen können dazu beitragen, diese Differenzen zu klären. Bei nicht stationärer Arbeit müssen Adipöse bekanntlich zusätzlich zur Arbeit der Vergleichspersonen ihr eigenes Übergewicht transportieren. Falls sie an dieses Übergewicht in ihrer kardiovaskulären Leistungsfähigkeit nicht angepaßt sind, so steht zu erwarten, daß sie bei Leistungsprüfungen bei nicht stationärer Arbeit, wie beim Gehen auf der Tretbahn, schlechter abschneiden als gesunde Versuchspersonen, insbesondere wenn man wie BUSKIRK, TAYLOR und SIMONSON (12) die sog. fettfreie Körpermasse berücksichtigt. Andererseits fällt bei Leistungsprüfungen mit stationärer Arbeit (z.B. Fahrradergometer) die Bedeutung des Körpergewichtes im Arbeitsversuch selbst praktisch weg. Hier müßte sich darum zeigen, ob bei vergleichbaren absoluten Leistungen relative Differenzen zwischen Normalen und Adipösen auftreten. Die Frage nach dem Leistungsverhalten der Adipösen läßt sich u.E. jedoch nicht durch die Versuche von JOSEPHANS (22) entscheiden, der bei Adipösen unter relativer Belastung nach ihrem theoretischen Normalgewicht ein gleiches Verhalten der Herzkreislaufreaktion wie bei Normalgewichtigen fand.

In unseren Versuchen bezogen wir darum die Ergebnisse unserer Leistungsprüfungen einmal auf Lebensalter und Körperlänge, zum anderen auf das Körpergewicht, wobei wir Unterscheidungen nach der Höhe des Übergewichtes vornahmen.

Obschon wir nun unsere Versuche bei stationärer Arbeit durchführten, gelang es uns auf diese Weise eine Möglichkeit zu finden, Rückschlüsse auf die Verhältnisse bei Arbeit mit Bewegung des Körpergewichtes zu ziehen; nur im Kindesalter bietet sich nämlich der Vergleich der gewonnenen Werte des Leistungsverhaltens mit den nach dem Körpergewicht zu erwartenden Werten der Leistungsfähigkeit an, wobei allerdings berücksichtigt werden muß, daß solche Werte im allgemeinen von älteren und größeren Kindern stammen.

Es wäre nun auf Grund theoretischer Überlegungen wünschenswert, daß adipöse Kinder so weitgehend trainiert wären, daß sie auch bei nicht stationärer Arbeit, also z.B. beim Gehen und Laufen, sich in ihrer Leistungsfähigkeit bei Bezug auf Körpergewichtseinheiten nicht von Normalgewichtigen unterscheiden würden. Dies hinwiederum würde sich so auswirken müssen, daß diese Kinder bei stationärer Arbeit, z.B. also bei Arbeit auf dem Fahrradergometer, ihren normalgewichtigen Altersgenossen in ihrer Leistungsfähigkeit deutlich überlegen sein würden.

Hier war nun zunächst von Interesse, daß unsere adipösen Kinder mit einem Übergewicht bis zu 40 % bei Berücksichtigung ihres Lebensalters im Mittel eine numerisch etwas bessere Leistungsfähigkeit als ihre normalgewichtigen Altersgenossen hatten. Das gleiche traf auch bei Berücksichtigung der Körperlängen für die Dauerleistungsfähigkeit, geprüft als LPI, nicht jedoch für die Fähigkeit zu kurzfristigen Höchstleistungen, geprüft als PWC₁₇₀, zu, die mit -6,9 % statistisch signifikant gegenüber den Normalgewichtigen erniedrigt war.

Im Gegensatz hierzu zeigten Kinder mit einem Übergewicht von > 40 % sowohl unter Berücksichtigung des Lebensalters als auch der Körperlänge im Mittel für beide Bereiche der körperlichen Leistungsfähigkeit wenigstens numerische Erniedrigungen gegenüber normalgewichtigen Personen. Dabei war von Bedeutung, daß die Erniedrigung der Leistungsfähigkeit unter Berücksich -

tigung des Lebensalters gegenüber den normalgewichtigen Kindern im Z_u -fallsbereich lag, gegenüber den Kindern mit einem Übergewicht von $< 40\%$, deren Leistungsfähigkeit ja im Mittel numerisch über dem Leistungsverhalten der Normalgewichtigen lag, jedoch mit einer Zufallswahrscheinlichkeit von $< 5\%$ gefunden wurde.

Wir möchten daraus schließen, daß Kinder mit einem Übergewicht von $< 40\%$ bei stationärer Arbeit ihren Altersgenossen etwas überlegen sind. Dieser Vorsprung im Leistungsverhalten ist nach unseren Untersuchungen aber so gering, daß er bei Arbeit mit Lokomotion, also der natürlichen Arbeit im Kindesalter, nicht mehr von Bedeutung sein kann, was sich auch aus den Werten, die unter Berücksichtigung der Gewichtsnormen gewonnen wurden, bestätigen läßt.

Für Kinder mit einem Übergewicht von $> 40\%$ muß man nach unseren Untersuchungen schon für stationäre Arbeit eine mangelnde Anpassung an ihr Körpergewicht annehmen, die besonders deutlich wird, wenn man sie mit den Kindern vergleicht, die ein Übergewicht von $< 40\%$ hatten. Aus dieser Gegenüberstellung wird darum außerdem deutlich, daß in der Gruppe der Kinder mit einem Übergewicht bis zu 40% z.T. Kinder und Jugendliche sein müssen, deren Übergewicht mehr durch Muskelvermehrung als durch übermäßigen Fettansatz hervorgerufen wurde.

Im Gegensatz zu JOSEPHANS (22) sind wir jedoch auf Grund unserer Untersuchungen der Meinung, daß es zur Beurteilung des "Krankheitswertes" der Adipositas auch im Einzelfall nicht ausreicht, festzustellen, daß ein Adipöser über eine seinen Altersgenossen vergleichbare Leistungsfähigkeit verfügt. Vor allem für die Prognose der Adipositas scheint es uns vielmehr wesentlich zu sein, festzustellen, ob ein Adipöser in bezug auf sein Körpergewicht über eine normale Leistungsfähigkeit verfügt, weil sich erst hier deutlich zeigt, wie groß die Leistungseinschränkung bei nicht stationärer Arbeit ist. Während nun bei dieser Art der Betrachtung die Leistungsfähigkeit der adipösen Kinder mit einem Übergewicht bis zu 40% mit durchschnittlich $-14,5\%$ für den

Leistungspulsindex und -23,0 % für die "physical working capacity" PWC_{170} gegenüber normalgewichtigen Kindern zwar auch "sehr signifikant" eingeschränkt war, war die Leistungsfähigkeit der Kinder mit einem Übergewicht von mehr als 40 % zu nicht stationärer Arbeit extrem niedrig. Sie lag mit -48,0 % für den Leistungspulsindex bzw. -44,6 für die "physical working capacity" PWC_{170} weit unterhalb der Streubreite der Leistung von nicht adipösen Vergleichskindern, so daß hier die Fähigkeit zu Dauerleistungen noch stärker eingeschränkt war als die Fähigkeit zu kurzfristigen Höchstleistungen.

Somit wird aus unseren Untersuchungen offensichtlich, daß dicke Kinder durch die Last ihres eigenen Übergewichtes einem ständigen Training unterworfen wären, wenn sie sich nur in gleichem Maße wie gesunde Kinder bewegen würden. Ihr Trainingszustand müßte dann nämlich überdurchschnittlich sein, was sich in überdurchschnittlicher Fähigkeit zu stationärer Arbeit äußern würde. Andererseits ist durch unsere Untersuchungen erwiesen, daß, wenigstens bei sehr dicken Kindern, gegenüber Gleichaltrigen bzw. Gleichgroßen sogar ein Trainingsrückstand besteht. Dies bestätigt die ärztliche Erfahrung, daß adipöse Kinder wegen ihrer körperlichen Behinderung jede körperliche Betätigung weitgehend einschränken, womit ein Circulus vitiosus entsteht. Um die Leistungsfähigkeit adipöser Kinder zu verbessern, muß man darum, wie es z.B. STEHR und RUTENFRANZ (41) vorgeschlagen haben, neben der Nahrungseinschränkung ein regelmäßiges Training durchführen, um wenigstens zu erreichen, daß die adipösen Kinder durch Training des Herz-Kreislaufsystems in ihrer kardiovaskulären Leistungsfähigkeit sich ihrem Übergewicht anpassen.

Zusammenfassung

Nach einer kritischen Besprechung der Methoden von Leistungsprüfungen im Kindesalter wird an Hand der Literatur über die bisherigen Ergebnisse von Leistungsprüfungen an herzkranken und adipösen Kindern berichtet.

In eigenen Untersuchungen wurde die körperliche Leistungsfähigkeit von 37 Kindern mit verschiedenen angeborenen und erworbenen Herzfehlern und von 101 adipösen Kindern untersucht. In allen Fällen wurde am Fahrradergometer sowohl der Leistungspulsindex (LPI) als Maß der Fähigkeit zu Dauerleistungen als auch die "physical working capacity" (PWC₁₇₀) als Maß der Fähigkeit zu kurzfristigen Höchstleistungen bestimmt. Die gewonnenen Ergebnisse wurden mit den von RUTENFRANZ angegebenen Alters-, Längen- und Gewichtsnormen verglichen.

Bei 12 herzkranken Kindern mit zentraler oder peripherer Zyanose war die körperliche Leistungsfähigkeit stark erniedrigt. Bei 25 Kindern mit azyanotischen Vitien war die Leistungsfähigkeit im allgemeinen nur unwesentlich herabgesetzt. Es bestand aber, vor allem bei 18 Kindern mit Links-Rechts-Shunt, eine Altersabhängigkeit insofern, als sich in der Pubertätszeit der Beginn einer Leistungsminderung abzeichnete. In 7 Fällen mit Links-Rechts-Shunt, bei denen eine beginnende pulmonale Hypertension vorhanden war (> 30 mm Hg in der A.pulmonalis), war die körperliche Leistungsfähigkeit im Durchschnitt besser als bei 6 Fällen ohne Drucksteigerung in der A.pulmonalis. Dieser Befund konnte jedoch nicht statistisch gesichert werden. Gegenätzliche Ergebnisse in der Literatur erwiesen sich als "nicht signifikant". In vier Fällen mit stenotischen Herzvitien zeigte sich eine Zunahme der Leistungsminderung mit dem Grad der Stenose.

Die körperliche Leistungsfähigkeit von adipösen Kindern und Jugendlichen war bis zu einem Übergewicht von 40 % geringfügig besser als die Gleichaltriger, dagegen war sie in Relation zum Körpergewicht um 14 % (LPI) bzw.

23 % (PWC_{170}) herabgesetzt. Somit war die Fähigkeit zu stationärer Arbeit in dieser Gruppe normal, die Fähigkeit zu nicht stationärer Arbeit aber schon beträchtlich vermindert. Bei adipösen Kindern mit einem Übergewicht von mehr als 40 % war die Leistungsfähigkeit um 6 % (LPI) bzw. 9 % (PWC_{170}) geringer als bei gleichaltrigen und um 8 % (LPI) bzw. 16 % (PWC_{170}) geringer als bei gleichgroßen Kindern. Ganz erhebliche Leistungsminderungen ergaben sich aber erst bei Bezug der gemessenen Leistungsfähigkeit auf das Körpergewicht, und zwar um 48 % (LPI) bzw. 45 % (PWC_{170}). Während also bei sehr dicken Kindern schon die Fähigkeit zu stationärer Arbeit im Durchschnitt stark verringert ist, ist die Fähigkeit zur Arbeit mit Lokomotion extrem niedrig.

Literatur

- 1) ADAMS, F.H., E. BENGTSSON,
H. BERVEN, M. BÖRJESSON,
I. ENGSTRÖM, D.IKKOS,
B. JONSSON, P. KARLBERG
a. S. KRAEPELIN: Determinations by means of a
bicycleergometer of the physical
working capacity in children.
Acta paed., Suppl. 118,120
(1959)
- 2) ADAMS, F.H., E. BENGTSSON,
H. BERVEN a. C. WEGELIUS: The physical working capacity
of normal school children.
II. Swedish city and country.
Pediatrics 28, 243 (1961)
- 3) ADAMS, F.H. a.E.R. DUFFIE: Physical working capacity of
children with heart disease.
J. Lancet (Minneapolis) 81, 493
(1961)
- 4) ADAMS, F.H., L.M. LINDE
a. H. MIYAKE: Physical working capacity of
normal school children.
I. California.
Pediatrics 28, 55 (1961)
- 5) ÅSTRAND, P.O.: Experimental studies of physical
working capacity in relation to
sex and age.
Munksgaard, Copenhagen 1952
- 6) ÅSTRAND, P.O., L. ENGSTRÖM,
B.O. ERIKSSON, P. KARLBERG,
I. NYLANDER, B. SALTIN
a. C. THOREN: Girl swimmers. With special
reference to respiratory and
circulatory adaptation and
gynaecological and psychiatric
aspects.
Acta paed., Suppl. 147 (1963)
- 7) ÅSTRAND, P.O.
a. J. RHYMING: A nomogram for calculation of
aerobic capacity (physical
fitness) from pulse rate during
submaximal work.
J. appl. Physiol. 7, 218 (1954)
- 8) BENGTSSON, E.: Working capacity and heart
volume in patients with electro-
cardiographic abnormalities
suggestive of acute myocarditis
during various acute infectious
diseases.
Acta med. scand. 159, 499 (1957)
- 9) BINK, B.: Het lichamelijk prestatiever-
mogen van cardiologische
patiënten.
Leiden 1959

- 10) BRUCE, R.A., J.R. BLACKMON,
J.W. JONES a. G. STRAIT:
Exercise testing in adult
normal subjects and cardiac
patients.
Pediatrics 32, Suppl.4, II,
742 (1963)
- 11) BUSKIRK, E,
a. H.L. TAYLOR:
Maximum oxygen intake and its
relation to body composition
with special reference to
chronic physical activity
and obesity.
J. appl. Physiol.11, 72 (1957)
- 12) BUSKIRK, E., H.L. TAYLOR
a. E. SIMONSON:
Relationship between obesity
and pulse rate at rest and
during work in young and
older men.
Int. Z. angew. Physiol.
einschl. Arbeitsphysiol. 16,
83 (1955)
- 13) DUFFIE, E.R.
a. F.H. ADAMS:
The use of the working capacity
test in the evaluation of
children with congenital heart
disease.
Pediatrics 32, Suppl. 4,II,
757 (1963)
- 14) EWERBECK, H.
u. K. WECHSELBERG:
Der Kreislauf und seine
Störungen.
In: OPITZ, H. u. B. DE RUDDER:
Pädiatrie.
Springer, Berlin-Göttingen-
Heidelberg 1957
- 15) HEINEMANN, W.:
Die Beurteilung der körper-
lichen Leistungsfähigkeit bei
Jugendlichen.
Med. Diss. Bonn 1949
- 16) HELLERÜGGE, Th.
u. D. VOGT:
Zur Beurteilung des Wachstums-
standes mit Hilfe von Soma-
togrammen.
In: HELLERÜGGE, Th. (Hrsg.):
Vorsorgeuntersuchungen bei
Jugendlichen.
Deutscher Ärzte-Verlag G.m.b.H.
Köln-Berlin o.J.
- 17) HENDERSON, Y.
a. A.L. PRINCE:
The oxygen pulse and the
systolic discharge.
Amer. J. Physiol. 35,106 (1914)
- 18) HILL, A.V.
a. C.N.H. LONG:
Muscular exercise, lactic acid
and the supply and utilization
of oxygen.
Ergeb. Physiol.24,43 (1925)

- 19) HOLLMANN, W., H. VALENTIN
u. H. VENRATH:
Über Atmung und Kreislauf
jugendlicher Personen
während dosierter körperlicher
Belastung.
Sportarzt 10, 77 (1959)
- 20) HOLMGREN, A., B. JONSSON,
H. LINDERHOLM,
T. SJÖSTRAND a. G. STRÖM:
Physical working capacity in
cases of mitral stenosis, in
relation to heart volume,
total amount of hemoglobin,
and stroke volume.
Acta med. scand. 162, 99
(1958)
- 21) JONSSON, B., H. LINDERHOLM,
a. G. PINARDI:
Atrial septal defect.
A study of Physical working
capacity and hemodynamics
during exercise.
Acta med. scand. 159, 275
(1957)
- 22) JOSEPHANS, W.C.:
Physical fitness, muscle
force and endurance of
male adults of overweight.
Int. Z. angew. Physiol.
einschl. Arbeitsphysiol. 19,
173 (1962)
- 23) KEYS, A. a. J. BROZEK:
Body fat in adult men.
Physiol. Rev. 33, 245 (1953)
- 24) KIRCHHOFF, H.W.:
Besonderheiten der Regulation
von Kreislauf und Atmung im
Reifungsalter.
Mschr. Kinderheilk. 107, 51
(1959)
- 25) KIRCHHOFF, H.W.
H. REINDELL u. J. GIESE:
Untersuchungen zur Beurtei-
lung der Leistungsfähigkeit
im Kindesalter.
Zschr. Kinderheilk. 78, 634
(1956)
- 26) KIRCHHOFF, H.W.,
H. REINDELL u. C. HAUSWALDT:
Untersuchungen zur Beurteilung
der Leistungsbreite im
Reifungsalter.
Zschr. Kinderheilk. 81, 211
(1958)
- 27) KJELLBERG, S.R.,
E. MANNHEIMER, U. RUDHE
a. B. JONSSON:
Diagnosis of congenital
heart disease.
The yearbook publishers Inc.
Chicago 1959
- 28) KÜTTGEN, U. u. W. BOLT:
Kreislauf.
In: BROCK, J.: Biologische
Daten für den Kinderarzt,
Band 1, S. 352
Springer, Berlin-Göttingen
Heidelberg 1954

- 29) LINDE, L.M.: An appraisal of exercise fitness tests. Pediatrics 32, 656 (1963)
- 30) MATTHES, K.: Kreislaufuntersuchungen am Menschen mit fortlaufend registrierenden Methoden. Thieme, Stuttgart 1951
- 31) MELLEROWICZ, H.
u. D. LERCHE: Ergometrische Untersuchungen zur Beurteilung der kardialen und körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen. Zschr. Kinderheilk. 81, 36 (1958)
- 32) MÜLLER, E.A.: Ein Leistungspulsindex als Maß der Leistungsfähigkeit. Arbeitsphysiol. 14, 271 (1950)
- 33) MÜLLER, E.A.: Die Messung der körperlichen Leistungsfähigkeit mit einem einzigen Prüfverfahren. Forschungsbericht Nr. 1031 des Landes NRW, Westdeutscher Verlag, Köln-Opladen (1961)
- 34) MÜLLER, E.A.
u. W. HIMMELMANN: Geräte zur kontinuierlichen photoelektrischen Pulszählung. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 16, 400 (1957)
- 35) NÖCKER, J.
u. V. BÖHLAU: Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von Alter und Geschlecht. Münch. med. Wschr. 97, 1517 (1955)
- 36) NÖCKER, J.
u. V. BÖHLAU: Belastungsfähigkeit des jugendlichen Organismus in den verschiedenen Entwicklungsstufen. In: Leibesübungen und Gesundheitserziehung. Tries, Freiburg 1955
- 37) RUTENFRANZ, J.: Entwicklung und Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen. Bibliotheca Paediatrica, Fasc.82 S. Karger, Basel - New York (1964)

- 38) RUTENFRANZ, J.
u. Th. HETTINGER:
Untersuchungen über die Abhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit von Lebensalter, Geschlecht und körperlicher Entwicklung. Z. Kinderheilk. 83, 65 (1959)
- 39) RUTENFRANZ, J., R. HOCHE,
Ch. HOCHE u. E. HOFMANN-
KEILHACKER:
Über den Aussagewert einiger ergometrischer Verfahren zur Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen.
I. Mitt.: Die Abhängigkeit der Meßwerte von Lebensalter, Geschlecht und körperlicher Entwicklung.
Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 20, 294 (1964)
- 40) RUTENFRANZ, J.
u. R. HOCHE:
Über den Aussagewert einiger ergometrischer Verfahren zur Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen.
II. Mitt.: Vergleichende Untersuchungen über die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen mit verschiedenen ergometrischen Methoden.
Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 20, 316 (1964)
- 41) STEHR, K.
u. J. RUTENFRANZ:
Zur Therapie der kindlichen Fettsucht.
Fortschr. Med. 82, 30 (1964)
- 42) TAYLOR, H.L., Y. WANG,
L. ROWELL a. G. BLOMQUIST:
The standardization and interpretation of submaximal and maximal tests of working capacity.
Pediatrics 32, 703 (1963)
- 43) VOGT, D.:
Über den gegenwärtigen Stand der Akzeleration in Bayern.
Arch. Kinderheilk. 159, 141 (1959)
- 44) WAHLUND, H.:
Determination of the physical working capacity. A physiological and clinical study with special reference to standardization of cardiopulmonary functional tests.
Acta med. scand. 132, Suppl. 215
Zetterlund u. Thelanders, Stockholm 1948

N a c h w o r t

Für die Überlassung des Themas und die wohlwollende Förderung bei der Auswertung der Ergebnisse möchte ich Herrn Privatdozent Dr. med. Dr. phil. J. Rutenfranz recht herzlich danken.

Herrn Professor Dr. med. Th. Hellbrügge danke ich für die Übernahme des Referates.

Herrn Dr. K. Bühlmeyer bin ich für seine Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchungen sehr dankbar.

Herrn Dr. R. Hocke gilt mein besonderer Dank dafür, daß er jederzeit zu Rat und Hilfe bereit war.

L e b e n s l a u f

Am 17. April 1934 wurde ich in Wuppertal-Elberfeld als erstes Kind des Kaufmanns Peter Mocellin und seiner Ehefrau Rosa, geb. Walter, geboren. Nach vierjähriger Grundschule (1940-1944) besuchte ich von 1945 bis zum Abitur im Jahre 1954 das Staatliche naturwissenschaftliche Gymnasium Bayreuther Strasse in Wuppertal-Elberfeld. Während der folgenden fünf Jahre studierte ich in Köln neben Kunstgeschichte und Jura an der Universität Musik an der dortigen Musikhochschule, begann im Frühjahr 1959 mit dem Studium der Medizin in München, bestand 1961 das Physikum und im Herbst 1964 das Staatsexamen. Ich besitze die italienische Staatsangehörigkeit, bin verheiratet und habe ein Kind.

